

**MODELO DE PMO PARA AERONAVE CESSNA GRAND CARAVAN 208B HK-
5097**

ÁNGELA SOFÍA NIÑO SALAMANCA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2016**

**MODELO DE PMO PARA AERONAVE CESSNA GRAND CARAVAN 208B HK-
5097**

ÁNGELA SOFÍA NIÑO SALAMANCA

**Trabajo de Grado para optar el título de Especialista en Gerencia de
Mantenimiento**

Director

CARLOS ANDRÉS ROBLES

Especialista en Gerencia de Mantenimiento

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mi Familia, a mi esposo. A Dios por brindarme esta oportunidad de crecimiento y darme las herramientas necesarias para culminar este objetivo propuesto, a mi familia especialmente a mi Madre, por ser un apoyo y ejemplo a seguir, a mi Esposo por acompañarme en este camino, por motivarme y enseñarme cada día a ser mejor de la mano de Dios.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES SOBRE MANTENIMIENTO EN AERONAVES CESSNA ..	18
1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA AERONAVE	18
1.2 CONTEXTO OPERACIONAL DE LA AERONAVE	21
2. GENERALIDADES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA AERONAVE	24
2.1 LÍMITES DE TIEMPOS COMPONENTES	24
2.2 PROGRAMA DE INSPECCIÓN CONTINUA	24
2.3 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN UNA FLOTA DE AERONAVES CESSNA	25
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
4. OBJETIVOS DEL PRESENTE PROYECTO	27
4.1 OBJETIVO GENERAL	27
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
5. JUSTIFICACIÓN	28
6. MARCO CONCEPTUAL	29
6.1 FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	29
6.2 FUNDAMENTOS DEL PMO	30
6.3 PASOS DEL PMO	32

7. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO EN LA AVIACIÓN	36
7.1 ESTANDARIZACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN AERONÁUTICA.....	40
8. RCM – MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD EN AVIACIÓN	42
9. DIFERENCIAS ENTRE RMC Y PMO	49
10. MODELO DE PMO APLICADO A LA AERONAVE CESSNA CARAVAN 208B MATRICULA HK5097.	52
10.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	52
10.2 IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLA.....	58
10.3 REVISIÓN DE LOS MODOS DE FALLA	59
10.4 ANÁLISIS FUNCIONAL	60
10.5 EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS	60
10.6 DETERMINACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO.....	61
10.7 FASES DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	63
10.7.1 Presupuesto asignado a la implementación.....	63
11. CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS.....	66

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cessna Caravan. Vista Frontal	18
Figura 2. Cessna Caravan, Capot Descubierta.....	19
Figura 3. Cessna Caravan. Panel Frontal de Cabina.....	20
Figura 4. Cessna Caravan. Longitudes Frontal.....	20
Figura 5. Cessna Caravan. Longitud Timón de Profundidad	21
Figura 6. Longitudes Lateral. Cessna Caravan.....	21
Figura 7. Pista Chaparrito.	22
Figura 8. Pista Caño Gandul.....	23
Figura 9. Organización del mantenimiento en una flota de aeronaves CESSNA ..	25
Figura 10. Pasos del PMO.....	33
Figura 11. Patrones de Falla industria aeronáutica.....	38
Figura 12. Evolución del Mantenimiento.	40
Figura 13. Código ATA 100	41
Figura 14. Diferencias entre PMO y RCM.....	51
Figura 15. Grafica de Pareto de las fallas.....	54
Figura 16. Grafica de Pareto con respecto a los costos	56
Figura 17. Identificación del Sistema en la Aeronave	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos de la aeronave	19
Tabla 2. Recopilación de la información	52
Tabla 3. Clasificación de la Información por Sistema ATA y Cantidad de Frecuencias.	53
Tabla 4. Porcentaje de la serie de fallas	54
Tabla 5. Porcentaje de la serie de costos de las fallas.	55
Tabla 6. Cálculo del MTBF y MTTR.....	57
Tabla 7. Identificación de Modos de Falla.....	58
Tabla 8. Revisión de los modos de falla	59
Tabla 9. Análisis de la Función	60
Tabla 10. Evaluación de las Consecuencias	61
Tabla 11. Determinación de las Políticas de Mantenimiento	62
Tabla 12. Presupuesto	63

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. INTERVALOS DE INSPECCIÓN CESSNA CARAVAN 208B.....	66
ANEXO B. TIEMPOS LIMITES DE INSPECCIÓN.....	69
ANEXO C. SISTEMA DE TREN DE ATERRIZAJE Y FRENOS	78
ANEXO D. COMPONENTES CONTROLADOS AERONAVE CESSNA CARAVAN.....	81
ANEXO E. FORMULARIOS DE TRABAJO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO QUE INCLUYEN LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO ESTUDIADAS CON LOS CAMBIOS GENERADOS EN EL MODELO DE PMO...86	86

GLOSARIO¹

Aerodino: Aeronave más pesada que el aire, que se sostiene en vuelo principalmente por virtud de las fuerzas aerodinámicas.

Aerolínea (línea aérea): Empresa de servicios aéreos comerciales de transporte público.

Aeronavegabilidad: Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura, de tal manera que: a. Cumpla con su Certificado Tipo. b. Exista la seguridad o integridad física, incluyendo sus partes, componentes y subsistemas, su capacidad de ejecución y sus características de empleo. c. La aeronave lleve una operación efectiva en cuanto al uso (corrosión, rotura, pérdida de fluidos, etc.)

Aeronavegabilidad continuada: Procedimientos y acciones que tienden a mantener la aeronavegabilidad de una aeronave en forma continua.

Aeronáutica Civil: Conjunto de actividades vinculadas al empleo de aeronaves civiles.

Aeronave: Toda máquina que puede sustentarse y desplazarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra y que sea apta para transportar pesos útiles (personas o cosas).

Certificado tipo (TC): Es el otorgado por la autoridad aeronáutica del Estado de diseño para un producto aeronáutico, cuando se ha determinado el cumplimiento

¹ Glosario tomado de la parte primera de los RAC Actualizada a 2016-08-29.

de todas las condiciones de aeronavegabilidad y operación, establecidas para tal producto. Certificado básico de diseño para aeronave; motor o hélice, que establece el Diseño Tipo, como son: - Planos y especificaciones - Características de diseño - Dimensiones - Materiales y Procesos - Resistencia Estructural - Criterio de Aeronavegabilidad - Control de Calidad - Cualquier otro determinado por el fabricante El Certificado Tipo incluye también regulaciones aplicables, limitaciones de operación, instrucciones para aeronavegabilidad continuada, manuales de Mantenimiento y Regulaciones Complementarias. El Certificado Tipo origina los documentos: - Hoja de Especificación (Data Sheet) - Manual de Vuelo Aprobado - Certificado de Aeronavegabilidad - Manual de Mantenimiento.

Licencia (de personal aeronáutico): Documento expedido por una autoridad aeronáutica, certificando que su titular se considera calificado bajo las regulaciones correlativas, para actuar como personal aeronáutico, ejerciendo funciones aeronáuticas; según las condiciones y limitaciones establecidas en el mismo.

Línea aérea: Según lo estipulado en el Artículo 96 de la Convención de Chicago cualquier empresa de transporte aéreo que ofrece o mantiene un servicio aéreo comercial de transporte público regular. Nota: Definición adicionada conforme al artículo 1º de la Resolución No. 00012 del 05 de Enero de 2015. Publicada en el Diario Oficial No. 49.394 del 14 de Enero de 2015.

Mantenimiento: Inspección, revisión, reparación, conservación y cambio de partes; tendientes a conservar las condiciones de aeronavegabilidad de una aeronave y/o componente de ella.

Mantenimiento de línea: Mantenimiento que se presta a una aeronave para que pueda continuar en vuelo. Comprende aprovisionamiento de fluidos y la corrección de defectos anotados por el piloto que no requieran reparaciones, sino cambio de

componentes menores y accesorios. En determinados casos puede incluir cambio de motores y ciertas etapas de servicios de mantenimiento incluidos dentro del plan de mantenimiento propio del explotador, que haya sido aprobado por la UAEAC.

Mantenimiento preventivo: Son operaciones de preservación simple o menores y el cambio de partes estándar pequeñas que no involucran operaciones de montaje complejas, en concordancia con la Parte Cuarta de los Reglamentos Aeronáuticos Colombianos.

Matrícula: Acto mediante el cual se confiere nacionalidad colombiana a una aeronave y consiste en la inscripción de la misma en el Registro Aeronáutico Nacional.

Organización de Mantenimiento: Expresión que designa genéricamente a cualquier organización, instalaciones equipos y medios destinados a mantener, reparar o alterar aeronaves, estructuras, plantas motrices, hélices o componentes ya sea funcionando de manera independiente como taller aeronáutico o adscrito a una empresa aérea u operador de aeronaves.

Reparación: Restitución a las condiciones iniciales de una aeronave o producto, según su Certificado Tipo.

Reparación general (overhaul): Trabajo técnico aeronáutico programado que se ejecuta a una aeronave y/o sus componentes por haber cumplido el límite de tiempo operacional indicado por el fabricante y/o la UAEAC, para llevarla a su condición de aeronavegabilidad original.

Reparación mayor: Se refiere a una reparación que puede afectar substancialmente el peso, y balance, resistencia estructural, rendimiento

(performance) diseño, operación del sistema propulsor, características de vuelo u otras condiciones que pueden afectar la aeronavegabilidad; o que no es realizada de acuerdo a prácticas aceptadas o que no se puede hacer por medio de operaciones elementales.

Tripulación: Conjunto de personas titulares de las correspondientes licencias, a quienes se le asigna obligaciones esenciales para la operación de una aeronave, durante el tiempo de vuelo

RESUMEN

TITULO: MODELO DE PMO PARA AERONAVE CESSNA GRAND CARAVAN 208B HK-5097*.

AUTOR: Angela Sofia Niño Salamanca**.

PALABRAS CLAVE: Aeronáutica, Mantenimiento preventivo, Confiabilidad, PMO.

DESCRIPCIÓN:

La programación de mantenimiento de aeronaves es una de las principales decisiones que una aerolínea tiene que hacer durante su operación. Aunque la programación de mantenimiento se presenta como una etapa final en una operación aérea, que tiene como objetivo la reducción de costos y la reducción de los tiempos de mantenimiento; es un problema fácil de entender pero difícil de resolver, el problema de mantenimiento de aeronaves y la programación es determinar qué aviones deben volar, qué segmento, cuándo y dónde y ahora bien en términos de seguridad se debe determinar también quien debe volar para que esto sea de forma segura en todos los aspectos; cada aeronave debe someterse a diferentes niveles de revisión de mantenimiento de manera preventiva y planeada, requerido por la autoridad aeronáutica y principalmente por el fabricante de la aeronave. El objetivo es minimizar el costo de mantenimiento y los costos incurridos durante la re-asignación de aeronaves a los segmentos de vuelo. Este trabajo propone una programación completa para el mantenimiento de la aeronave Cessna Grand Caravan y un enfoque innovador para resolver el problema aplicando los conceptos de PMO lo cual permite optimizar el mantenimiento en términos de seguridad, confiabilidad y disponibilidad al programa de mantenimiento actual de mantenimiento. Aunque el mantenimiento de aeronaves es uno de los pioneros en la historia del mundo con el RCM, los fabricantes implícitamente en sus manuales incluyen un mantenimiento basado en RCM, cada programa se debe adoptar a la operación y contexto de cada aeronave.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento Director: Carlos Andrés Robles.

SUMMARY

TITLE: PMO MODEL AIRCRAFT FOR GRAND CARAVAN 208B CESSNA HK-5097*.*

AUTHOR: ANGELA SOFIA NIÑO SALAMANCA **.**. **

KEYWORD: Aeronautics, Preventive Maintenance, Reliability, PMO.

DESCRIPTION:

The aircraft maintenance program is one of the major decisions that an airline has to make during operation. Although maintenance schedule is presented as a final stage in an air operation, which aims to reduce costs and reducing maintenance times. Maintenance scheduling problem is easy to understand but difficult to solve, the problem of aircraft maintenance and scheduling is to determine which aircraft must fly which segment, when and where and now and in terms of safety should also determine who should fly for this Be secure in all respects; each aircraft must undergo different revision levels of maintenance required by the aviation authority and planned manner, required by the aeronautical authority and mainly by the aircraft manufacturer. The goal is to minimize maintenance costs and costs incurred during the re-assignment of aircraft to flight segments. This paper proposes a complete program for the maintenance of the aircraft Cessna Grand Caravan and innovative approach to solving the problem by applying the concepts of PMO which optimizes maintenance in terms of safety, reliability and availability to the current maintenance maintenance program. Although aircraft maintenance is one of the pioneers in the history of the world with the RCM, manufacturers implicitly in their manuals include RCM-based maintenance, each program must be adopted to the operation and context of each aircraft.

* Monograph

** Physico-mechanical engineering faculty. School of Mechanical Engineering Maintenance Management Specialization Director: Carlos Andres Robles.

INTRODUCCIÓN

La aviación, ha sido en la historia, pionera en los modelos y procesos de mantenimiento con los que toda la industria hoy en día soporta sus procedimientos, podríamos decir que a través del desarrollo de la industria aeronáutica paralelamente se han ido desarrollando otras industrias copiando estos modelos, por ser altamente efectivos en términos de seguridad y costos, es decir en la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos en los diferentes campos.

El medio aeronáutico especialmente el mantenimiento aeronáutico se desarrolla en un contexto altamente estandarizado y vigilado continuamente, exige a las altas gerencias disponer de grandes recursos para invertir en la actualización de las publicaciones técnicas, en el entrenamiento recurrente del personal técnico y de inspección y para todo el mantenimiento reglamentario exigido por la Aeronáutica Civil, más las exigencias de seguridad de la autoridad como de los clientes, esto hace que los costos del mantenimiento sean bastante elevados, si a esto le sumamos los cambios generados por el aumento del precio del dólar durante este año y el precio del petróleo, concluimos que los gerentes de mantenimiento se deben ver obligados a disminuir los costos operacionales y de mantenimiento. El desarrollo de este proyecto es una gran herramienta para el afianzar los conocimientos adquiridos durante este tiempo de estudio que nos podrá generar grandes beneficios y satisfacciones a nivel profesional y personal.

1. GENERALIDADES SOBRE MANTENIMIENTO EN AERONAVES CESSNA

1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA AERONAVE

Cessna 208 Caravan es un avión ligero monomotor, turbohélice de aplicación general. Producido por "Cessna" desde 1987 en varias versiones, de carga, de pasajeros, aviones anfibios, entre otras. Se utiliza principalmente en aerolíneas regionales y no regulares.

La tripulación de la aeronave incluye piloto y copiloto para la regulación aeronáutica Colombiana, el modelo base lleva nueve pasajeros (hasta trece pasajeros más un piloto con el permiso de la UAEAC^{*}).

Figura 1. Cessna Caravan. Vista Frontal



Fuente ALPES

El diseño de estos aviones turbohélice para aviación general inicio en los años de 1980, realizando su primer vuelo el 08 de agosto de 1982, tras dos años de espera

* UAEAC: Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

de la certificación por parte de la FAA (Federal Aviation Administration de EEUU), y las pruebas realizadas fue lanzado en 1984 por primera vez al mercado el Cessna 208 Caravan.

Las aeronave es de plano alto, monomotor (Turbina Pratt & Whitney PT6A-114A), con capacidad para nueve (09) pasajeros y dos (02) Tripulantes.

Tabla 1. Datos de la aeronave

Marca	Modelo	Serie	Matricula	Año de fabricación	Certificado tipo*	PBMO**
Cessna	208B	208B0985	HK-5097	2002	A37CE	8750Lb

Figura 2. Cessna Caravan, Capot Descubierta



Fuente ALPES

* CERTIFICADO TIPO (TC): Es el otorgado por la autoridad aeronáutica del Estado de diseño para un producto aeronáutico, cuando se ha determinado el cumplimiento de todas las condiciones de aeronavegabilidad y operación, establecidas para tal producto. Certificado básico de diseño para aeronave; motor o hélice, que establece el Diseño Tipo.

** PBMO: Peso Bruto Máximo de Operación.

Figura 3. Cessna Caravan. Panel Frontal de Cabina.



Fuente ALPES

Figura 4. Cessna Caravan. Longitudes Frontal

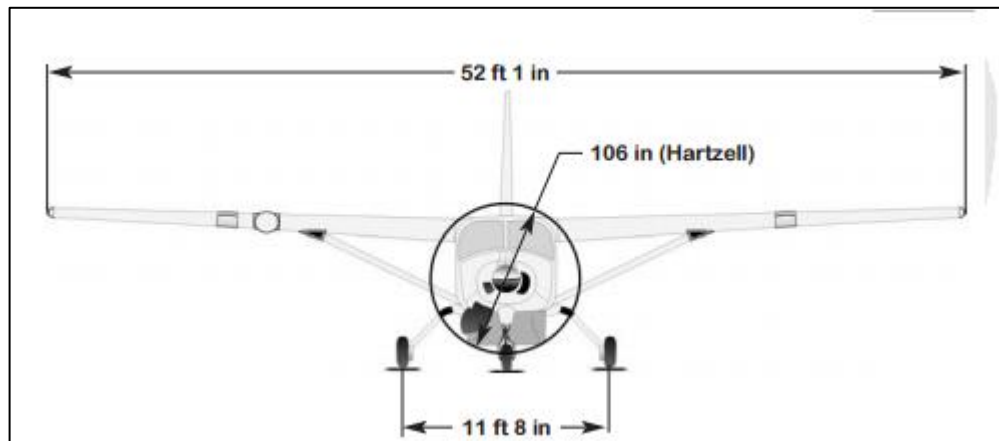


Figura 5. Cessna Caravan. Longitud Timón de Profundidad

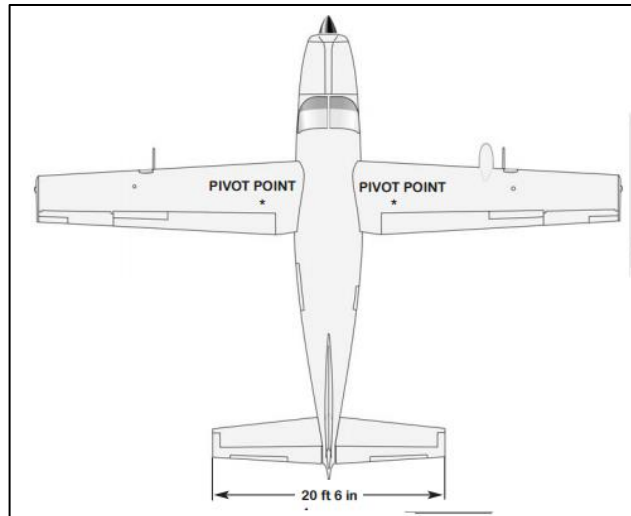
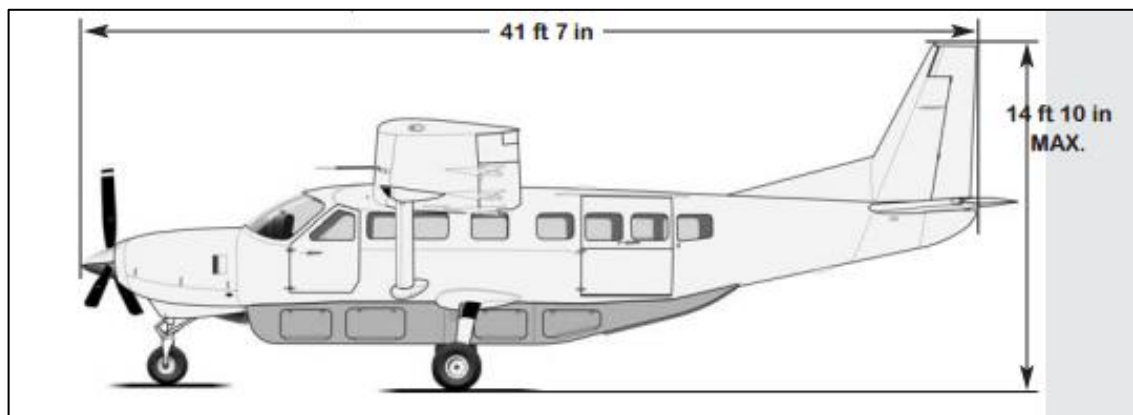


Figura 6. Longitudes Lateral. Cessna Caravan



1.2 CONTEXTO OPERACIONAL DE LA AERONAVE

La aeronave a estudiar pertenece a la empresa ALPES, es una organización de transporte aéreo comercial no regular de pasajeros y carga en la modalidad AEROTAXI, en el *territorio* nacional Colombiano y zonas limítrofes con los países vecinos por esta razón cumplen con los requisitos de aeronavegabilidad y

operación de los RAC*. ALPES, realiza esta operación con aeronaves que poseen Matricula Colombiana y certificado de aeronavegabilidad estándar, todas ellas con certificado de matrícula vigente. Todas las aeronaves operadas por ALPES y las personas a bordo de las aeronaves, cumplen con los requisitos de aeronavegabilidad exigidos por el RAC y cuentan con los instrumentos y equipos, aprobados y en condición operativa, requeridos para su operación segura. ALPES, se encuentra ubicado en la ciudad de Yopal, Casanare, en el Aeropuerto EL Yopal (El Alcaraván), en el Hangar No. 7. Las pistas que normalmente opera la aeronave son pistas cortas, algunas sin pavimentar, con baches y monte. No tienen servicio de Control de Transito Aéreo.

Figura 7. Pista Chaparrito.



Fuente ALPES

* RAC: Reglamentos Aeronauticos Colombianos

Figura 8. Pista Caño Gandul.



Fuente: ALPES

2. GENERALIDADES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA AERONAVE

El programa de mantenimiento de la aeronave es un documento que debe ser aprobado por la autoridad aeronáutica de Colombia en este caso al Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, a través de un Inspector de Mantenimiento asignado por esta entidad a la organización para dar cumplimiento al Manual de Mantenimiento establecido por el fabricante para las aeronaves Cessna 208B, siguiendo los intervalos de tiempo sugeridos, límites de tiempo para Overhaul y métodos de inspección. Este manual es revisado de acuerdo con la generación de nuevas publicaciones como Directivas de Aeronavegabilidad, Boletines de Servicio, Revisiones Temporales, Cartas de Servicio o cambios en el Manual del fabricante, que sean aplicables al modelo de la aeronave.

2.1 LÍMITES DE TIEMPOS COMPONENTES

Los componentes de la aeronave son controlados con límites de tiempo mediante un listado que nos indican los intervalos para inspección, overhaul o reemplazo de este. Estos requerimientos no están dados en el Manual de Mantenimiento. Se debe usar un criterio para overhaul o reemplazo para encontrar la acción correcta para el componente de la lista.

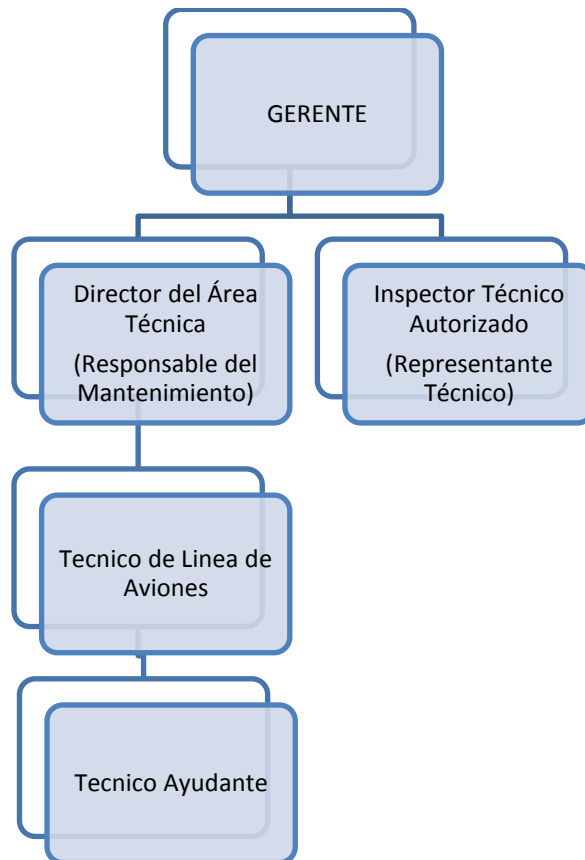
2.2 PROGRAMA DE INSPECCIÓN CONTINUA

La inspección continua está establecida en el manual de mantenimiento en su sección 5-15-00, (Ver Anexo 1), cada sección (5-15-xx), es un documento de

inspección que registra los ítems a ser examinados para cada intervalo dado. Los últimos dos caracteres dan la identificación de tema del capítulo/sección/Tema. Cada documento de inspección aplicable a ALPES está adaptado a los formularios de trabajo que se encuentran en el Anexo A, de este manual.

2.3 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN UNA FLOTA DE AERONAVES CESSNA

Figura 9. Organización del mantenimiento en una flota de aeronaves CESSNA



3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Aerolínea ALPES, adquirió recientemente una aeronave de fabricante Cessna, modelo 208B Grand Caravan, para iniciar su cambio de flota. Esta aeronave no se adquirió nueva, el año de fabricación es del año 2002, teniendo en cuenta esto se quiere plantear un modelo de mantenimiento con los registros de mantenimiento con los que venía la aeronave en el momento de su compra, ya que es una aeronave nueva para el personal técnico y de operación. Además se debe tener en cuenta los cambios actuales del manual de mantenimiento de la aeronave por parte del fabricante.

4. OBJETIVOS DEL PRESENTE PROYECTO

4.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer un modelo PMO para la aeronave Cessna 208B, matrícula HK-5097, Grand Caravan para la aerolínea ALPES.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar y clasificar la información de fallas de la aeronave.
- Identificar los sistemas críticos de la aeronave.
- Reconocer los componentes controlados críticos de los diferentes sistemas de la aeronave.
- Determinar el comportamiento de falla de los sistemas.
- Establecer el programa de mantenimiento optimizado para la aeronave.

5. JUSTIFICACIÓN

El mercado para el cual la Aerolínea adquirió esta aeronave, es el sector petrolero, como apoyo a la logística, traslado de personal y carga a los diferentes puntos de la región en Casanare. Este sector opera bajo estándares de calidad muy altos, (OGP, RUA, CCS) por lo cual vivimos en constantes auditorias por parte de la autoridad aeronáutica, los clientes, el Consejo Colombiano de Seguridad, ICONTEC, entre otras organizaciones. Las aeronaves con las que se ha venido prestando el servicio a dicho sector son aeronaves más pequeñas y de menor tecnología (monomotor, un solo piloto, motor a reacción), por tal motivo se adquirió una aeronave Cessna Caravan 208B, de año de fabricación 2002, la cual era operada en USA, por tal motivo se debe plantear un programa de mantenimiento para que sea aprobado por la Aeronáutica Civil colombiana que sea mejorado y para esto requiere conocer muy bien los tipos de fallas, las fallas frecuentes y su comportamiento en general con el cambio de operación, debido a que no es una aeronave nueva. De esta forma prestar un servicio con una aeronave que cuente con un programa de mantenimiento optimizado. Con este trabajo se quiere reducir los tiempos por paradas no programadas y optimizar los tiempos de paradas programadas; aumentar la confiabilidad de la aeronave para tener igualmente mayor disponibilidad de esta.

6. MARCO CONCEPTUAL

6.1 FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Mantenimiento: es el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado.

Mantenimiento Preventivo: mantener un sistema productivo en forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, para lograr una producción esperada en empresas de producción y una calidad de servicios exigidas en empresas de servicio, a un costo global óptimo.

Son los resultados específicos que pretende alcanzar la organización de mantenimiento a mediano y largo plazo mediante el cumplimiento de su misión básica. Los objetivos son esenciales para el éxito de la organización de mantenimiento porque establecen un curso, ayudan a la evaluación, producen sinergia, revelan prioridades, permiten la coordinación y establecen las bases para planificar, organizar, motivar y controlar con eficacia.

Los objetivos deben incluir un plazo de ejecución, ser concisos y claros, ser dinámicos, es decir, que puedan ser reevaluados a medida que el entorno y las oportunidades cambian, y, por último, pueden ser formulados en términos que permitan cuantificarlos y medirlos o en términos cualitativos. Normalmente las organizaciones utilizan una combinación de objetivos cuantitativos y cualitativos.

Los objetivos deben convertir la misión de la organización de mantenimiento en medidas específicas de desempeño y representar un compromiso de la gerencia a

conseguir resultados concretos mediante las estrategias de la empresa a la cual pertenece la organización de mantenimiento.

Políticas de Mantenimiento: Son lineamientos para lograr los objetivos de mantenimiento. Son las líneas directrices específicas, los métodos, los procedimientos, las reglas, las formas y las prácticas administrativas que se establecen para implementar las estrategias y respaldar y fomentar los trabajos que llevarán a alcanzar los objetivos enunciados. Las políticas comunican a los empleados y gerentes lo que se espera de ellos y, por tanto, aumentan las probabilidades de la debida ejecución de las estrategias. Sientan las bases para el control administrativo, permiten la coordinación a lo largo y a lo ancho de las unidades de la organización y disminuyen la cantidad de tiempo en que los gerentes dedican a tomar decisiones. Aclaran quien hará qué trabajo, propiciando que se delegue la toma de decisiones a los niveles administrativos adecuados

6.2 FUNDAMENTOS DEL PMO

La base fundamental de PMO se basa en el análisis de los equipos críticos y en una serie de pasos para su implementación.

La optimización de mantenimiento planeado se basa en la criticidad del equipo o ranking, dicho elemento se puede obtener revisando la priorización de los planes de mantenimiento, filtrando o subdividiendo la información por sistemas y/o equipos para su análisis, una vez que se determinan los equipos críticos, se dirige el enfoque hacia el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización.

Un equipo crítico es todo aquel equipo que refleje de alguna manera un aspecto negativo en:

- Seguridad y medio ambiente.

- Costos y producción de planta.
- Mano de obra (exceso para ser operados o mantenidos).

El sistema de Optimización de Mantenimiento Planeado, es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación. Facilita el diseño formal de trabajo racional y rentable basado en confiabilidad cuando un sistema de mantenimiento planeado está consolidado. El PMO además:

- Analiza el programa de mantenimiento anterior
- Realiza los Análisis de Funcionalidad
- Genera una base de datos de los modos de falla
- Escoge el método más eficaz de mantenimiento
- Se basa en la experiencia del personal de
Usa el diagrama de decisiones del RCM
- Reconoce la importancia de las funciones del
- Diseña de un marco de trabajo racional y rentable
- Establece la adecuada asignación de recursos.

En El sistema PMO:

- 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
- Se adapta a las situaciones y a los objetivos específicos de cada cliente
- La optimización del PM motiva al personal.

Los beneficios reales del sistema son:

- Determinar el comportamiento de fallas de los equipos
- Estimar el efecto del PM en la confiabilidad
- Utilizar adecuadamente todos los recursos disponibles

- Eliminar fallas y paradas imprevistas
- Incrementar la Confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y efectividad Global de los equipos.

6.3 PASOS DEL PMO

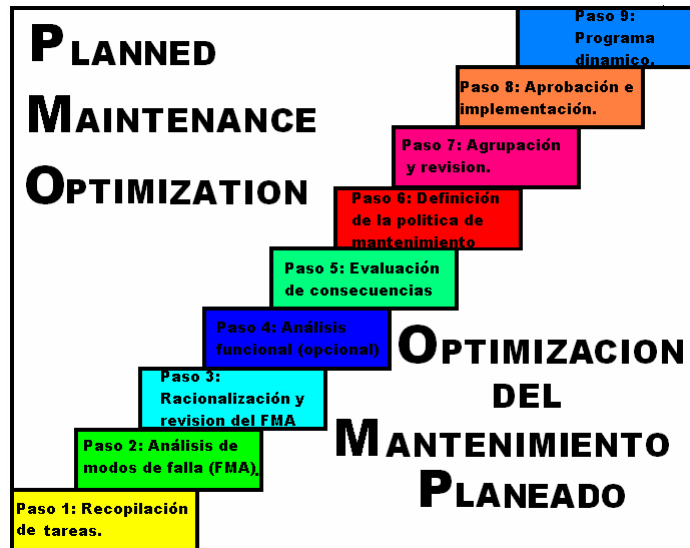
Paso 1 - Recopilación de tareas

El paso uno consiste en la recolección o documentación de los planes de mantenimiento existentes, ya sea formales o informales, y los cuales corresponden a una base de datos, dicha tarea la realizan un grupo numeroso de personas, incluyendo a los operadores y personal de mantenimiento; también es de suma importancia resaltar que la mayoría de los PM se hace por iniciativa misma de las personas involucradas (técnicos, operarios, entre otros).

Paso 2 - Análisis de modo de falla (FMA)

El paso dos involucra a todo el personal de la planta, se trabaja entonces en grupos multidisciplinarios quienes se encargan de identificar para qué modos de falla están enfocadas las tareas de mantenimiento.

Figura 10. Pasos del PMO.



Paso 3 - Racionalización y revisión del FMA.

La información se organiza u ordena por modos de falla que facilita la identificación de la duplicación de tareas¹⁰. En este paso el equipo filtra y analiza los diferentes modos de falla que resultan del FMA y agrega aquellos faltantes, el listado de fallas se elabora a partir del historial de fallas y documentación técnica.

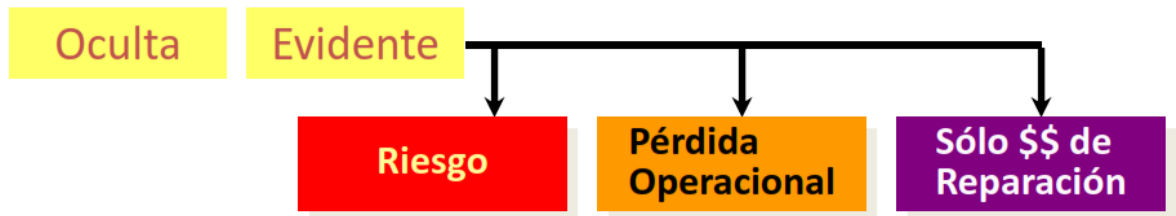
Paso 4 - Análisis funcional.

El paso cuatro analiza la pérdida de función, que se puede generar cuando se presenta una falla, este paso es opcional, pero justifica realizarlo cuando se trata de equipos de criticidad alta o de alto grado de complejidad, en donde es necesario el entendimiento de todas sus funciones para asegurar un mantenimiento sólido; pero para aquellos equipos que no son críticos no es necesario realizar este paso porque solo agrega tiempos perdidos y costos innecesarios.

Paso 5 - Evaluación de consecuencias.

Los modos de falla se analizan en este paso, con el fin de determinar si los fallos son ocultos o evidentes.

. Evaluación del modo de falla



Fuente: PMO, María del Pilar Valderrama 2009

Paso 6 - Definición de la política de mantenimiento.

La filosofía del mantenimiento moderno se enfoca más el estado de las consecuencias que en los mismos activos en sí, es decir, que en este paso cada modo de falla se analiza bajo los principios del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Paso 7 - Agrupación y revisión.

El paso siete toma la producción y la eficiencia de los activos y delega las funciones del PM a las personas más calificadas, es decir, reasigna las labores o las necesidades de mantenimiento que se encuentran en el paso seis a las personas más idóneas, todo esto con el fin de lograr una buena administración del mantenimiento (eficaz y productiva).

Paso 8 - Aprobación e implementación.

La revisión y aceptación por parte de la alta dirección forma parte de este paso, pero se presenta dificultad en aquellas personas que presentan muchos turnos y en aquellas organizaciones conservadoras.

Paso 9 - Programa dinámico

El proceso presente de los pasos uno al nueve establecen una estructura racional y costo efectiva, es entonces el plan dinámico aquel donde se consolida la información y se toma el control de la planta, cuando se planea en mantenimiento reactivo o uno planeado.

7. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO EN LA AVIACIÓN

Actualmente es ampliamente aceptado que la aviación comercial es la forma más segura para viajar. Al presente, las aerolíneas comerciales sufren menos de dos accidentes por millón de despegues. Al final de los 1950s, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues. Si actualmente se estuviera presentando la misma tasa de accidentes, se estarían oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los 1950s eran causados por fallas en los equipos. Esta alta tasa de accidentalidad, conectada con el auge de los viajes aéreos, significaba que la industria tenía que empezar a hacer algo para mejorar la seguridad. El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos significaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos.

En esos días, “mantenimiento” significaba una cosa: reparaciones periódicas. Todos esperaban que los motores y otras partes importantes se gastaran después de cierto tiempo. Esto los condujo a creer que las reparaciones periódicas retendrían las piezas antes de que gastaran y así prevenir fallas. Cuando la idea parecía no estar funcionando, cada uno asumía que ellos estaban realizando muy tardíamente las reparaciones: después de que el desgaste se había iniciado. Naturalmente, el esfuerzo inicial era para acortar el tiempo entre reparaciones. Cuando hacían las reparaciones, los gerentes de mantenimiento de las aerolíneas hallaban que en la mayoría de los casos, los porcentajes de falla no se reducía y por el contrario se incrementaban.

La historia de la transformación del mantenimiento en la aviación comercial desde un cúmulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un proceso analítico y sistemático que hizo de la aviación comercial “ La forma más segura para viajar” es la historia del RCM.

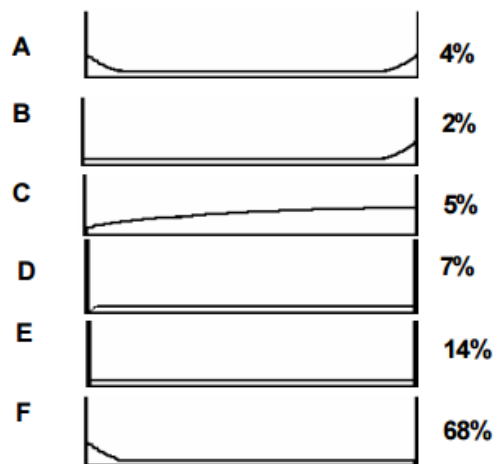
El RCM es uno de los procesos desarrollados durante los 1960s y 1970s, en varias industrias con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos – y para manejar las consecuencias de sus fallas. De éstos procesos, el RCM es el más directo.

El RCM fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro “ Reliability Centered Maintenance” / “ Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”, el libro que dió nombre al proceso. Este libro fué la culminación de 20 años de investigación y experimentación con la aviación comercial de los USA, un proceso que produjo el documento presentado en 1968, llamado Guía MSG – 1: Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa, y el documento presentado en 1970 para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas, ambos documentos fueron patrocinados por la ATA (Air Transport Association of America – Asociación de Transportadores Aéreos de los USA).

En 1980, la ATA produjo el MSG – 3, Documento Para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas. El MSG – 3 fué influenciado por el libro de Nowlan y Heap (1978). El MSG – 3 ha sido revisado dos veces, la primera vez en 1988 y de nuevo en 1993, y es el documento que hasta el presente lidera el desarrollo de programas iniciales de mantenimiento planeado para la nueva aviación comercial. Tal como se mencionó anteriormente en 1978 la aviación comercial en Estados Unidos publicó un estudio de patrones de falla en los componentes de aviones cambiando todas las costumbres que hasta el momento se tenía sobre el mantenimiento. La Figura muestra cómo el punto de

vista acerca de las fallas en un principio era simplemente que cuando los elementos físicos envejecen tienen más posibilidades de fallar, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso durante la Segunda Generación llevó a la creencia general en la “curva de la bañera”. Sin embargo se revela que en la práctica actual no sólo ocurre un modelo de falla sino seis diferentes.

Figura 11. Patrones de Falla industria aeronáutica

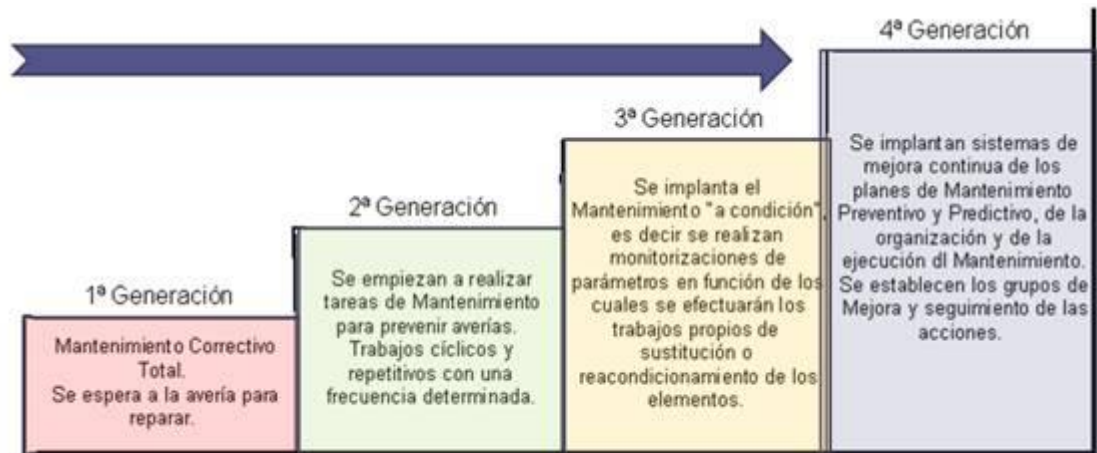


Sin embargo, los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran hace algunos años. Esto ha llevado a cambios sorprendentes en los modelos de las fallas de los equipos, como se muestra en la Figura. El gráfico muestra la probabilidad condicional de falla contra la vida útil para una gran variedad de elementos eléctricos y mecánicos. El modelo A es la conocida “curva de la bañera”. Comienza con una incidencia de falla alta (conocida como mortalidad infantil o desgaste de funcionamiento) seguida por una frecuencia de falla que aumenta gradualmente o que es constante, y luego por una zona de desgaste. El modelo B muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste. El modelo C muestra una probabilidad de falla ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea

identificable. El modelo D muestra una probabilidad de falla bajo cuando el componente es nuevo o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante, mientras que el modelo E muestra una probabilidad constante de falla en todas las edades (falla aleatoria). Finalmente, el modelo F comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de falla que aumenta muy despacio o que es constante. Por ejemplo, los estudios hechos en la aviación civil mostraron que el 4% de las piezas está de acuerdo con el modelo A, el 2% con el B, el 5% con el C, el 7% con el D, el 14% con el E y no menos del 68% con el modelo F. En general, los modelos de las fallas dependen de la complejidad de los elementos. Cuanto más complejos sean, es más fácil que estén de acuerdo con los modelos E y F. (El número de veces que ocurren estos modelos en la aviación no es necesariamente el mismo que en la industria). Pero no hay duda de que cuanto más complicados sean los equipos más veces se encontrarán los modelos de falla (E y F). No todas las fallas son iguales. Las consecuencias de las fallas y sus efectos en el resto del sistema, la planta y el entorno operativo en el cual ocurre. Las investigaciones sobre los modos de falla revelan que la mayoría de las fallas de los sistemas complejos formados por componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos fallarán en alguna forma fortuita y no son predecibles con algún grado de confianza. Prohibida su reproducción

Todos los derechos de Aladon LTD 7 Estos hallazgos contradicen la creencia de que siempre hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Fue esta creencia la que llevó a la idea de que cuanto más a menudo se revisaba una pieza, menor era la probabilidad de falla. Hoy en día, esto es raramente la verdad. A no ser que haya un modo de falla dominante, los límites de edad no hacen nada o muy poco para mejorar la confiabilidad de un equipo complejo. De hecho las revisiones programadas pueden aumentar las frecuencias de las fallas en general por medio de la introducción de la mortalidad infantil dentro de sistemas que de otra forma serían estables.

Figura 12. Evolución del Mantenimiento.



7.1 ESTANDARIZACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN AERONÁUTICA

Los manuales que se emplean en la realización del mantenimiento de aviones (y componentes) a pesar de la variedad de sus contenidos y utilización tienen en común el modo en que está clasificada la información que recogen.

La información relacionada con "luces" por ejemplo, se encuentra siempre en el capítulo 33 de los diferentes manuales utilizados en la especificación del avión, en la definición del mantenimiento aplicable y en aquellos que se emplean en realizar ese mantenimiento.

La codificación utilizada actualmente se basa en la especificación editada por ATA*, que se fundó en 1936 (Chicago) por un grupo de 14 aerolíneas. Fue la primera y continúa siendo la única asociación, relacionada con el transporte aéreo, de las principales aerolíneas de EEUU.

* Air Transport Association

Desde su fundación, ATA ha jugado un papel significativo en muchas de las grandes decisiones relacionadas con la aviación comercial en temas tan importantes como el control del tráfico aéreo o la desregulación.

Existen diferentes departamentos dentro de ATA que tratan muy diversos temas (operaciones en aeropuertos, servicio de carga, comunicaciones, intercambio de datos electrónicos, operación y seguridad). Los distintos grupos de trabajo están constituidos por miembros de líneas aéreas.

ATA 100, es el estándar recomendado en la industria, en contenido y formato, para confeccionar manuales técnicos escritos por fabricantes y suministradores de productos aeronáuticos. Las líneas aéreas y otros segmentos de la industria aeronáutica utilizan esta especificación en el mantenimiento de los respectivos productos con los que trabajan. El documento en sí mismo, proporciona un sistema de numeración de amplio alcance para los sistemas de avión, que se clasifican de ese modo, en capítulos

Figura 13. Código ATA 100

ATA 100 Code		
11 Placards and Markings	34 Navigation	64 Tail Rotor
12 Servicing	35 Oxygen	65 Tail Rotor Drive
14 Hardware	36 Pneumatic	67 Rotors Flight Control
18 Helicopter Vibration	37 Vacuum	71 PowerPlant
21 Air Conditioning	38 Water/Waste	72 Turbine/Turboprop Engine
22 Auto Flight	45 Central Maintenance System	73 Engine Fuel and Control
23 Communications	49 Airborne Auxiliary Power	74 Ignition
24 Electrical Power	51 Standard Practices/Structures	75 Air
25 Equipment/Furnishings	52 Doors	76 Engine Controls
26 Fire Protection	53 Fuselage	77 Engine Indicating
27 Flight Controls	54 Nacelles/Pylons	78 Engine Exhaust
28 Fuel	55 Stabilizers	79 Engine Oil
29 Hydraulic Power	56 Windows	80 Starting
30 Ice and Rain Protection	57 Wings	81 Turbocharging
31 Instruments	61 Propellers/Propulsors	82 Water Injection
32 Landing Gear	62 Main Rotor	83 Accessory Gearboxes
33 Lights	63 Main Rotor Drive	85 Reciprocating Engine

8. RCM – MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD EN AVIACIÓN

Al final de 1950, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues. Si actualmente se estuviera presentando la misma tasa de accidentes, se estaría oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los 1950s eran causados por fallas en los equipos.

El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos implicaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos.

Todos esperaban que los motores y otras partes importantes se gastaran después de cierto tiempo. Esto los condujo a creer que las reparaciones periódicas retendrían las piezas antes de que gastaran y así prevenir fallas. En esos días, mantenimiento significaba una cosa: reparaciones periódicas.

Cuando la idea parecía no estar funcionando, cada uno asumía que ellos estaban realizando muy tardíamente las reparaciones; después de que el desgaste se había iniciado. Naturalmente, el esfuerzo inicial era para acortar el tiempo entre reparaciones. Cuando hacían las reparaciones, los gerentes de mantenimiento de las aerolíneas hallaban que en la mayoría de los casos, los porcentajes de falla no se reducían y por el contrario se incrementaban.

De esta manera RCM tiene sus inicios a principios de 1960. El trabajo del desarrollo inicial fue hecho por la Industria de la Aviación Civil Norteamericana. Y se hizo realidad cuando las aerolíneas comprendieron que muchas de sus

filosofías de mantenimiento eran no sólo costosas sino también altamente peligrosas. Ello inspiró a la industria a aunar una serie de “Grupos de Dirección de Mantenimiento” (Maintenance Steering Groups - MSG) para reexaminar todo lo que ellos estaban haciendo para mantener sus aeronaves operando. Estos grupos estaban formados por representantes de los fabricantes de aeronaves, las aerolíneas y la FAA (Fuerza Área Americaca).

La historia de la transformación del mantenimiento en la aviación comercial a ha pasado por un cúmulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un proceso analítico y sistemático que hizo de la aviación comercial “ La forma más segura para viajar” es la historia del RCM.

Actualmente es ampliamente aceptado que la aviación comercial es la forma más segura para viajar: Las aerolíneas comerciales sufren menos de dos accidentes por millón de despegues. Esto corresponde a un accidente cada 3 ó 4 semanas en el mundo. De éstos, cerca de 1/6 son causados por fallas en los equipos.

El nacimiento del “RCM”: 1960 hasta 1980

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. De éstos procesos, el RCM es el más efectivo.

A mediados de 1970, el gobierno de los Estados Unidos de América quiso saber más acerca de la filosofía moderna en materia de mantenimiento de aeronaves. Y solicitaron un reporte sobre éste a la industria aérea. Dicho reporte fue escrito por Stanley Nowlan y Howard Heap de United Airlines. Ellos lo titularon “*RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*” (*MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD*), fue publicado en 1978, y aún sigue siendo uno de los

documentos más importantes en la historia del manejo de los activos físicos. Está disponible en el Servicio de Información Técnica Nacional del Gobierno de los Estados Unidos de América, en Springfield, Virginia.

Este reporte fue la culminación de 20 años de investigación y experimentación con la aviación comercial de los Estados Unidos de América, un proceso que produjo inicialmente el documento presentado en 1968, llamado Guía MSG – 1, Manual: Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa, y el documento presentado en 1970: MSG-2 Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas, ambos documentos fueron patrocinados por la ATA (Air Transport Association of America – Asociación de Transportadores Aéreos de los EEUU).

El reporte de Nowlan y Heap representó un considerable avance en la filosofía MSG 2 y fue usado como base para el MSG 3, el cual fue promulgado en 1980: Documento Para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas. El MSG – 3 fue influenciado por el libro de Nowlan y Heap (1978), el MSG – 3 ha sido revisado tres veces, la primera vez en 1988, de nuevo en 1993, y la tercera en 2001. Una próxima revisión será promulgada en el presente año. Hasta el presente es usada para desarrollar programas de mantenimiento prioritarios al servicio para nuevos tipos de aeronaves (incluyendo recientemente el Boeing 777 y el Airbus 330/340)

El reporte de Nowlan y Heap ha sido desde entonces usado como base para varios modelos de RCM de tipo militar, y para aquellas actividades no relacionadas con la aviación.

El Departamento de Defensa aprendió que la aviación comercial había encontrado un enfoque revolucionario para programar el mantenimiento y buscó beneficiarse de ésta experiencia. Nowlan y Heap fueron comisionados para escribir su versión

del libro para el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, el cual estaba mirando en la aviación comercial formas para hacer menos costosos sus planes de mantenimiento. Una vez que el Departamento de Defensa publicó el libro de Nowlan y Heap, el ejército americano se propuso desarrollar procesos RCM para su propio uso: uno para el ejército, uno para la fuerza aérea, y otro para la armada.

La armada desarrolló dos procesos porque sus comunidades de buques y de aviación insistieron en que procesos RCM que funcionaran en uno no servirían para el otro. Los contratistas y los vendedores de equipos aprendieron a usar éstos procesos cuando le vendieron equipos nuevos al ejército.

En un esfuerzo separado al principio de 1980, El Instituto para (EPRI por sus siglas en Inglés) la Investigación de la Energía Eléctrica, un grupo de investigación industrial para las compañías generadoras de energía en los Estados Unidos de América realizó dos aplicaciones piloto del RCM en la industria de la energía nuclear americana.

Su interés surgió de la creencia de que ésta industria estaba logrando niveles adecuados de seguridad y confiabilidad, pero se hacia sobremantenimiento masivo a sus equipos. Esto significaba que su principal propósito era reducir costos de mantenimiento en vez de mejorar la confiabilidad, y el proceso RCM era modificado consecuentemente. (Ellos modificaron tanto el proceso RCM, que su parecido es poco con el original descrito por Nowlan y Heap, y debería ser descrito más correctamente como la Optimización del Mantenimiento Planificado o PMO – por sus siglas en Inglés – más que como RCM). Este proceso modificado fue adoptado sobre una base amplia por la industria de la energía nuclear Americana en 1987, y se implementaron variaciones de su enfoque por otras compañías nucleares, algunas otras ramas de la generación eléctrica, distribución industrial y repuestos de la industria petrolera.

Al mismo tiempo, otros especialistas en la formulación de estrategias se interesaron en la aplicación del RCM en industrias diferentes a la aviación. Dentro de éstos, el principal fue John Moubray y sus asociados. Este grupo trabajó inicialmente con el RCM en industrias mineras y de manufactura en Sudáfrica bajo la asesoría de Stan Nowlan, y luego se ubicaron en el Reino Unido. Desde allí, sus actividades se han expandido para cubrir la aplicación del RCM en casi todos los campos del esfuerzo humano organizado, abarcando más de 42 países.

Moubray y sus asociados se han fundamentado en el trabajo de Nowlan mientras mantienen su enfoque original en la seguridad y confiabilidad del equipo. Por ejemplo, incorporaron temas ambientales al proceso de toma de decisiones en materia de RCM, clasificaron las formas en las cuales las funciones del equipo deberían ser definidas, desarrollaron reglas más precisas para seleccionar labores de mantenimiento e intervalos para las labores y también incorporaron directamente criterios de riesgo cuantitativo a un grupo de intervalos para labores en busca de fallas. Su versión mejorada del RCM se conoce actualmente como el RCM2.

La Necesidad de un estándar: 1990

Desde inicios de 1990, muchas más organizaciones han desarrollado versiones del proceso RCM: El Comando Aéreo Naval de los Estado Unidos con su “Guía para el Proceso de Mantenimiento Centrado en la Seguridad para la aviación Naval (Navair 00 – 25 – 403)” y la Armada Real Británica con sus Normas para la Ingeniería Naval RCM Orientadas (NES 45), han permanecido leales al proceso expuesto originalmente por Nowlan y Heap.

El modelo del RCM ha empezado a aplicarse. Paralelo a ello una nueva colección de procesos ha emergido y son llamados RCM por sus proponentes, pero a menudo tienen poco o ningún parecido al original proceso desarrollado por Nowlan

y Heap; investigado estructurado y completamente probado. Como resultado, si una organización dice que quiere ayuda para usar o aprender a usar el RCM, ella no puede estar segura de qué proceso le será ofrecido.

Durante los 90, las revistas y conferencias dedicadas al mantenimiento de equipos se multiplicaron y los artículos y documentos acerca del RCM se hicieron más y más numerosos. Éstos documentos describieron procesos muy diferentes a los que se les estaba dando el mismo nombre, RCM, por tanto el ejército y la industria comercial vieron la necesidad de definir la frase “Proceso RCM”.

En 1996 la SAE empezó a trabajar en un modelo afín con el RCM, invitando a un grupo de representantes de la aviación, de la armada estadounidense y comunidades de naves para que le ayudaran a desarrollar una norma para programas de mantenimiento planeados. Estos representantes de la armada se habían estado reuniendo previamente, por cerca de un año, para desarrollar un proceso RCM que pudiera ser común a la aviación y los buques, es así como ellos previamente habían hecho una considerable cantidad de trabajo antes de empezar a reunirse bajo el auspicio de la SAE.

A finales de 1997, se le unió a este grupo un número de representantes principales del RCM provenientes de la industria. En ésta ocasión, se dieron cuenta de que era mejor enfocarse enteramente en el RCM, el grupo encontró el mejor enfoque para ésta norma y en 1999, completó el borrador de la norma y la presentaron a la SAE para ser sometida a votación.

El Enfoque de la Norma SAE

Cuando el grupo SAE empezó a trabajar, pensó en los mismos términos que muchos otros: El grupo pensaba que un “estándar” RCM era menos importante que un proceso RCM estándar. Por tal motivo se empezó a trabajar en el

desarrollo del proceso. Esto fue difícil, porque diferentes miembros del grupo estaban usando procesos diferentes mientras ejecutaban el RCM. Los primeros miembros del grupo tuvieron que trabajar juntos, cerca de un año, en reuniones ocasionales antes de que ellos fueran desarrollando el respeto por la experiencia individual y les permitiendo escucharse mutuamente sin rechazar las respuestas de cada uno de ellos. Se toma otro año para empezar a ponerse de acuerdo sobre un proceso común que podría ser llamado un proceso RCM estándar.

Después de que el grupo SAE diseñara tal proceso, la retroalimentación informal recibida por parte de la comunidad RCM, por fuera del grupo, mostró que esas personas inadvertidamente habían sido muy cuidadosos con los compromisos particulares que resultaron en el proceso del grupo y que esas personas no veían la necesidad de tales compromisos: se hizo claro que el esfuerzo para desarrollar un “proceso estándar” sólo produciría otra versión del RCM, la cual simplemente agrandaría el grupo de procesos que ya estaban compitiendo por el nombre “RCM”. Se tomó otro medio año para darse cuenta de que no había otra forma.

La norma aprobada por la SAE no representa un proceso RCM estándar. Su título es “Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)”. Ésta norma presenta criterios contra los cuales se puede comparar un proceso: Si el proceso satisface los criterios, el usuario puede, con confianza, llamarlo un “proceso RCM”. Si los criterios no lo satisfacen, no debería llamarse “Proceso RCM”. Esto no necesariamente significa que los procesos que no cumplen con la norma SAE RCM no sean procesos válidos para la formulación de estrategias de mantenimiento, simplemente significa que el término RCM no debería ser aplicado a tales procesos.

9. DIFERENCIAS ENTRE RMC Y PMO

La Confiabilidad de equipos es uno de los parámetros controlables de mayor impacto económico en las empresas de capital intensivo.

RCM es una metodología efectiva para asegurar Confiabilidad de equipos. Permite que grupos conformados con personal de cualquier nivel, pero que conocen como operan sus equipos, sean capaces de definir las estrategias de mantenimiento para elevar su Confiabilidad, e inmediatamente aplicarlas. El elaborado resultante es un plan de mantenimiento racionalmente definido, con tareas, frecuencias y responsables de la ejecución.

Se rige por la Norma SAE JA 1011^{*}, que fija los criterios que una metodología debe cumplir para ser llamada RCM.

En cumplimiento con el punto 5.9 de la norma, se desarrolla el proceso PMO (Optimización del Plan de Mantenimiento), apto para revisar planes de mantenimiento existentes. A diferencia de RCM, que asume que ningún plan se encuentra en efecto, PMO parte de planes existentes y, aplicando las herramientas de RCM, los integra y optimiza. De esta manera se consiguen eliminar esfuerzos duplicados, tareas innecesarias y abordar modos de falla que la experiencia muestra que existen, pero que nunca fueron considerados.

Los Grupos de Análisis están integrados por quienes mejor conocen los equipos: gente de Operaciones y de Mantenimiento. Como resultado, se obtienen programas cíclicos de monitoreo, reacondicionamiento, sustitución, búsqueda de fallas ocultas y recomendaciones de rediseño, que deberán ser activados tan

^{*} Norma para vehículos aeroespaciales y de superficie.

pronto como sea posible para obtener, sin demora, los beneficios de su implementación. La ventaja de que sean grupos de operadores y mantenedores directos reside en dos aspectos:

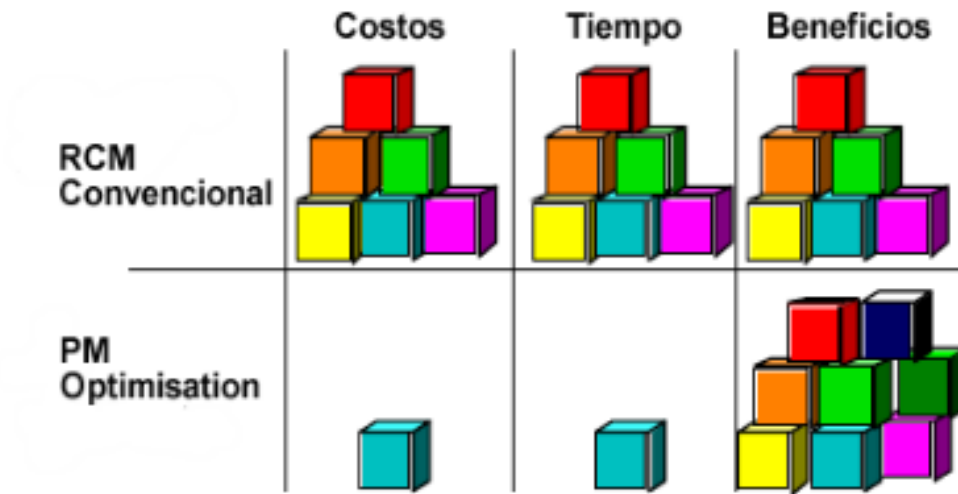
- La riqueza de soluciones que se logra con un grupo que analiza una problemática propia.
- El sentido de propiedad de la idea que se logra y que permite una implementación sin grandes obstáculos: nadie va a buscar el éxito de un programa mejor y con más entusiasmo que quienes han participado activamente en su diseño.

Dado que el análisis progresa desde las fallas potenciales más críticas hacia las menos críticas, los mayores resultados se producen desde el principio.

Se obtienen:

- Programas de mantenimiento focalizados en lo más crítico.
- Disminución de riesgos en la seguridad de personas, medio ambiente y activos físicos.
- Protección e incremento del thruput (velocidad con que la empresa genera dinero a través de las ventas).
- Efectivo aprovechamiento de recursos.
- Eliminación de tareas cíclicas innecesarias o que pueden introducir riesgos mayores (desestabilización de sistema estables).

Figura 14. Diferencias entre PMO y RCM.



Fuente US Nuclear Power Industry

10. MODELO DE PMO APLICADO A LA AERONAVE CESSNA CARAVAN 208B MATRICULA HK5097.

10.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la aeronave Cessna Caravan 208B con matrícula HK-5097, se listaron los reportes de mantenimiento más significativos durante el año 2015 registrados en los libros de mantenimiento de la aeronave.

Tabla 2. Recopilación de la información

FALLA	ATA	HORAS	ACCION CORRECTIVA
INSTRUMENTO DE RMP'S OSCILA EN 1500 RPM'S	61	10479,0	SE REMOVIO TACOMETRO Y SE INSTALO UN TACOMETRO SERVICIADO
PASTILLAS DE FRENO DETERIORADAS	32	10506,2	SE REEMPLAZO PASTILLAS DE FRENOS
ZAPATA DE FRENO DERECHO DETERIORADO	32	10561,2	SE REEMPLAZO ZAPATA DE FRENO RH
LLANTA LH SE ENCUENTRA LISA	32	10573,5	SE REEMPLAZO LLANTA PRINCIPAL LH
LLANTA RH DETERIORADA	32	10576	SE INSTALO UNA NUEVA LLANTA RH
LLANTA IZQUIERDA PRESENTA DESGASTE	32	10577,4	REEMPLAZO Y EMSAMBLE DE LLANTA
ROTA LA CORREA DE AIRE ACONDICIONADO	21	10582,8	SE REEMPLZO CORREA DE AIRE ACONDICIONA DANDO TENSION REQUERIDA
PUSH TO TALK INOPERATIVO LADO IZQUIERDO	23	10620,8	SE INSTALO UN NUEVO SWITCH LH
LUZ DE TAXI RH INOPERATIVA	33	10631,4	SE EFECTUO REEMPLAZO DE LUZ DE TAXI RH
INDICADOR DE CANTIDAD DE COMBUSTIBLE INOPERATIVO	28	10750,4	REMOVEY REEMPLAZAR EL INDICADOR DE CANTIDAD DE COMBUSTIBLE Y REEMPLAZO DE LA PROBETA
LUZ DE NAVEGACION RH INOPERATIVA	33	10768,5	SE EFECTUO REEMPLAZO DE LUZ DE NAVEGACION RH
TREN DE NARIZ PRESENTA VIBRACION	32	10768,5	SE EFECTUO INSPECCION, ENCONTRANDO SHIMMY DAMPER AVERIADO, SE EFECTUO REEMPLAZO
LA BATERIA NO MANTIENE LA CARGA 24 VDC	24	10794,3	SE EFECTUO REMOCION Y REEMPLAZO DE LA BATERIA
LUZ DE NAVEGACION IZQUIERDA INOPERATIVA	33	10801,3	SE INSTALO UNA NUEVA LUZ Y NUEVO LENTE
PROBETA DE OAT REQUIERE REEMPLAZO	25	10832	SE REEMPLAZO INSTRUMENTO DEL OAT
ZAPATAS DE FRENOS PRESENTAN DESGASTE	32	10832	SE EFECTUO REEMPLAZO DE ZAPATAS
CARENADO DEL TREN IZQUIERDO FISURADO	32	10832,2	REMOVEY EL CARENADO Y REEMPLAZARLO
STRUT DE TREN DE NARIZ REQUIERE SERVICIO	32	10834,2	REMOVEY EL TREN DE NARIZ Y EFECTUAR SERVICIO
CUBIERTA DE TREN PRINCIPAL RH SUELTA Y CON FISURAS	32	10886,8	SE EFECTUO FIJACION TEMPORAL EN LA CUBIERTA
PERDIDA DE DESCARGADOR DE STATICA DE ESTABILIZADOR VERTICAL	23	10919,5	REEMPLAZO DE DESCARGAR DE ESTATICA DE ESTABILIZADOR VERTICAL
ESTARTER FALLA AL ENGRANAR	80	10927,1	REEMPLAZO DEL ESTARTER
RADAR ALTIMETER INOPERATIVO OSCILA EN TODAS LAS FASES DEL VUELO	34	10956,5	SE EFECTUO REEMPLAZO DE RADAR ALTIMETER
BLEED AIR HEAT INOPERATIVO	72	11020,5	REMOVEY REEMPLAZADO BLEEDAIR PRESSURE REGULATOR VALVE
LUZ DE NAVEGACION INOPERATIVA	33	11340,1	SE EFECTUO CAMBIO DE LUZ DE NAVEGACION
HUMO DEL SWITCH ELECTRICO DEL COMPENSADOR	22	11371,8	SE ENCONTRÓ FALLA EN INTERRUPTOR DE DESCONEXION FUE REEMPLAZADO
PERDIDA DE TORNILLOS DE LA CUBIERTA DE TREN DE NARIZ	22	11372,0	REEMPLAZO DE CAMLOCK EN LA CUBIERTA INFERIOR DEL TREN DE NARIZ
EL SISTEMA DE FLAP PRIMARIO NO TRABAJA	27	11600,4	SE INSPECCION SISTEMA Y SE ENCONTRÓ MOTOR CON FALLA, SE EFECTUO REEMPLAZO
TRANSPONDER EN MODO CHARLIE NO TRABAJA	34	11815,8	SE TESTEARON CONEXIONES SE EFECTUO LIMPIEZA A TERMINALES Y CONEXIONES SE RETESTEY Y QUEDO EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN.
STALL WARNING INOPERATIVO	31	11889,1	SE REEMPLAZO UN NUEVO DETECTOR CHEQUEADO EN CONDICIONES NORMALES
LUZ DE ATERRIZAJE NO ENCIENDE	33	11959,2	SE EFECTUO REEMPLAZO DE LUZ DE ATERRIZAJE RH
LUZ DE CORTESIA PLANO IZQUIERDO INOPERATIVA	33	12365,3	SE REEMPLAZO LUZ DE CORTESIA
ROTA LA BISAGRA DE CARGOPOD	52	12438,1	SE REEMPLAZO BISAGRA DE CARGOD
CORREGIR BASE DE DOS DESCARGADORAS DE ESTATICAS DE ALERON IZQUIERDO TRIM TAB	23	13763,6	EFECTUAR CAMBIO DE BASE DE ESTATICA DE ALERON
FALLA EN EL AUTOPILOT	34	14021,4	SE REEMPLAZO EL AUTOPILOT

Esta información fue clasificada y organizada por sistemas de la aeronave, teniendo en cuenta las horas de la aeronave en la que se presentó la falla y la acción correctiva realizada. Posteriormente cada sistema fue ordenado de acuerdo a las frecuencias de falla presentadas durante el año de análisis.

Tabla 3. Clasificación de la Información por Sistema ATA y Cantidad de Frecuencias.

SISTEMA	FRECUENCIA FALLAS / AÑO
ATA 32	10
ATA 33	6
ATA 23	3
ATA 34	3
ATA 22	2
ATA 21	1
ATA 24	1
ATA 25	1
ATA 27	1
ATA 28	1
ATA 31	1
ATA 52	1
ATA 61	1
ATA 72	1
ATA 80	1
TOTALES	34

Se realizó un análisis de Pareto, con esta información. El análisis de Pareto es comúnmente llamado búsqueda de significancia o análisis ABC, es una herramienta avanzada genérica de mantenimiento para identificar y jerarquizar datos, con el fin de mostrar que elementos componen el tema que se está analizando. Este permite, mediante una representación gráfica o tabular, conocida como diagrama de Pareto, identificar de una forma decreciente los aspectos que se presentan con mayor frecuencia o que tienen una ponderación o incidencia

mayor. (Borras, 2013, p.24). En este caso, el análisis realizado fue enfocado a la frecuencia de las fallas y los costos de mantenimiento que estos representan.

Tabla 4. Porcentaje de la serie de fallas

SISTEMA	FRECUENCIA FALLAS / AÑO	COSTOS MANTENIMIENTO	% DE SERIE DE FALLA	% ACUMULADO
ATA 32	10	\$ 5.600.000,00	29,4117647	29,41176471
ATA 33	6	\$ 2.500.000,00	17,6470588	47,05882353
ATA 23	3	\$ 4.000.000,00	8,82352941	55,88235294
ATA 34	3	\$ 6.600.000,00	8,82352941	64,70588235
ATA 22	2	\$ 600.000,00	5,88235294	70,58823529
ATA 21	1	\$ 1.500.000,00	2,94117647	73,52941176
ATA 24	1	\$ 18.000.000,00	2,94117647	76,47058824
ATA 25	1	\$ 8.000.000,00	2,94117647	79,41176471
ATA 27	1	\$ 2.000.000,00	2,94117647	82,35294118
ATA 28	1	\$ 3.200.000,00	2,94117647	85,29411765
ATA 31	1	\$ 6.300.000,00	2,94117647	88,23529412
ATA 52	1	\$ 1.000.000,00	2,94117647	91,17647059
ATA 61	1	\$ 5.000.000,00	2,94117647	94,11764706
ATA 72	1	\$ 6.000.000,00	2,94117647	97,05882353
ATA 80	1	\$ 12.000.000,00	2,94117647	100
			100	
TOTALES	34	\$ 82.300.000,00		

Figura 15. Grafica de Pareto de las fallas

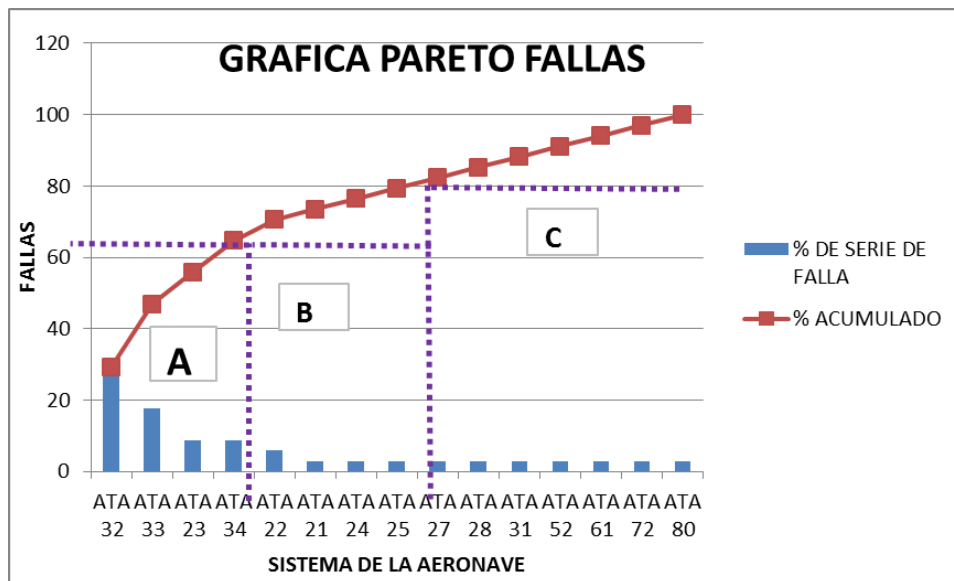
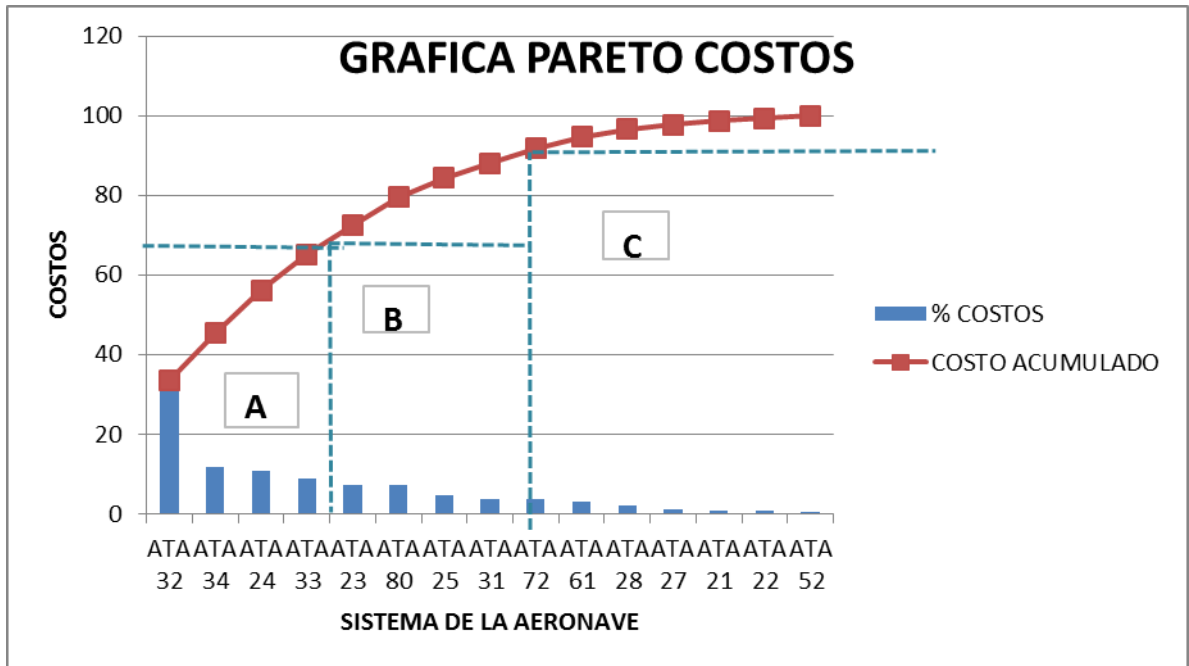


Tabla 5. Porcentaje de la serie de costos de las fallas.

SISTEMA	% COSTOS	COSTO ACUMULADO
ATA 32	33,5329341	33,53293413
ATA 34	11,8562874	45,38922156
ATA 24	10,7784431	56,16766467
ATA 33	8,98203593	65,1497006
ATA 23	7,18562874	72,33532934
ATA 80	7,18562874	79,52095808
ATA 25	4,79041916	84,31137725
ATA 31	3,77245509	88,08383234
ATA 72	3,59281437	91,67664671
ATA 61	2,99401198	94,67065868
ATA 28	1,91616766	96,58682635
ATA 27	1,19760479	97,78443114
ATA 21	0,89820359	98,68263473
ATA 22	0,71856287	99,4011976
ATA 52	0,5988024	100
	100	
TOTALES		

Figura 16. Grafica de Pareto con respecto a los costos



Después de analizar la información de las fallas y los costos de mantenimiento que estos representan para la operación de la aeronave, se seleccionó el ATA 32* que corresponde al sistema de Trenes de Aterrizaje para el respectivo análisis de falla.

* Sistema Estandarizado de la documentación aeronáutico, ver numeral 7.1

Calculo de Tiempo Medio entre Falla MTBF y MTTR para el sistema de trenes de aterrizaje

Tabla 6. Calculo del MTBF y MTTR

	horas disponibles	1440	
	cantidad de fallas	10	
FALLAS DE LA AERONAVE POR TREN DE ATERRIZAJE	HORAS AERONAVE	TIEMPO DE LA FALLA	TIEMPO ENTRE FALLAS
PASTILLAS DE FRENO DETERIORADAS	10506,2	2	0
ZAPATA DE FRENO DERECHO DETERIORADO	10561,2	3	55
LLANTA LH SE ENCUENTRA LISA	10573,5	2,5	12,3
LLANTA RH DETERIORADA	10576	2,5	2,5
LLANTA IZQUIERDA PRESENTA DESGASTE	10577,4	3	1,4
TREN DE NARIZ PRESENTA VIBRACION	10768,5	4	191,1
ZAPATAS DE FRENOS PRESENTAN DESGASTE	10832	3	63,5
CARENADO DEL TREN IZQUIERDO FISURADO	10832,2	5	0,2
STRUT DE TREN DE NARIZ REQUIERE SERVICIO	10834,2	6	2
CUBIERTA DE TREN PRINCIPAL RH SUELTA Y CON FISURAS	10886,8	6	52,6
	fallas totales	37	380,6 tiempo total de operación
	MTBF	38,06	
	MTTR	3,806	

MTBF: Es el tiempo promedio que un equipo, maquina, cumple su función, sin interrupción, debido a una falla. Se obtiene dividiendo el tiempo total de operación entre el número de paradas por fallas. En este caso se obtuvo un MTBF de 38.06 horas, para las fallas de tren de aterrizaje.

MTTR: es el acrónimo de las palabras inglesas Medium Time To Repair, o tiempo medio hasta haber reparado la falla. Para esta aeronave resulto en un tiempo de 3.806 horas.

10.2 IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLA

Para este paso, la identificación de los modos de falla, se identificaron los modos de falla presentes para el sistema de tren de aterrizaje, este sistema está compuesto por el tren de aterrizaje principal (MLG)^{*} y el tren de aterrizaje de nariz (NLG)^{**} y las tareas de mantenimiento preventivo que se tienen para evitar llegar a dichas fallas.

Tabla 7. Identificación de Modos de Falla

TAREA	FRECUENCIA	RESPONSABLE	FALLA
Realizar prueba funcional de los frenos y chequear cilindros maestros por escapes.	DIARIO	INSPECTOR AIT	PASTILLAS DE FRENO DETERIORADAS
Realizar prueba funcional de los frenos y chequear cilindros maestros por escapes.	DIARIO	INSPECTOR AIT	ZAPATA DE FRENO DERECHO DETERIORADO
Inspección visual a rueda y llanta de tren de nariz y tren principal	12 MESES	INSPECTOR AIT	LLANTA LH SE ENCUENTRA LISA
Inspección visual a rueda y llanta de tren de nariz y tren principal	12 MESES	INSPECTOR AIT	LLANTA RH DETERIORADA
Inspección visual a rueda y llanta de tren de nariz y tren principal	12 MESES	INSPECTOR AIT	LLANTA IZQUIERDA PRESENTA DESGASTE
Llenado de Shimmy Damper	200 HORAS O 12 MESES	TECNICO	TREN DE NARIZ PRESENTA VIBRACION
Realizar prueba funcional de los frenos y chequear cilindros maestros por escapes.	DIARIO	INSPECTOR AIT	ZAPATAS DE FRENOS PRESENTAN DESGASTE
Inspección visual general a Carenados	DIARIO	TECNICO	CARENADO DEL TREN IZQUIERDO FISURADO
Inspección visual general a Carenados	DIARIO	TECNICO	STRUT DE TREN DE NARIZ REQUIERE SERVICIO
Inspección visual general a Carenados	DIARIO	TECNICO	CUBIERTA DE TREN PRINCIPAL RH SUELTA Y CON FISURAS

* MLG: Main Landing Gear

** NLG: Nose Landing Gear

Figura 17. Identificación del Sistema en la Aeronave



10.3 REVISIÓN DE LOS MODOS DE FALLA

En este paso se efectuó la revisión de los modos de falla, eliminando las tareas repetidas, también se agregaron otras tareas de acuerdo a la recomendación del fabricante y por la sugerencia de los inspectores y técnicos de la aeronave.

Tabla 8. Revisión de los modos de falla

ATA	TAREA	FRECUENCIA	RESPONSABLE	FALLA
32	Chequear conjunto de frenos por desgaste excesivo.	DIARIO	TECNICO	DESGASTE EXCESIVO DE ZAPATAS DE FRENO
	Chequear llantas por desgaste, cortes o rajaduras y chequear la presión adecuada.	DIARIO	TECNICO	DESGASTE DE LLANTAS
	Realizar prueba funcional de los frenos y chequear cilindros maestros por escapes.	DIARIO	INSPECTOR AIT	FRENOS LARGOS EN ATERRIZAJES
	Inspección visual general a Carenados	DIARIO	TECNICO	CUBIERTA DE TREN PRINCIPAL RH SUELTA Y CON FISURAS
	Llenado de Shimmy Damper	200 HORAS O 12 MESES	TECNICO	VIBRACIONES EN TREN DE NARIZ
	Servicio a sistema hidráulico de frenos	200 HORAS O 12 MESES	TECNICO	FRENOS LARGOS EN ATERRIZAJES
	Chequeo funcional a Shimmy Damper	200 HORAS O 12 MESES	INSPECTOR AIT	VIBRACIONES EN TREN DE NARIZ
	Inspección Detallada a Eje del Tren principal de aterrizaje	12 MESES	INSPECTOR AIT	CORROSION
	Inspección visual del sello principal del brazo de arrastre	12 MESES	INSPECTOR AIT	AFLOJAMIENTO DE LOS PUNTOS DE APOYO PRINCIPALES DEL TREN
	Inspección visual a rueda y llanta de tren de nariz y tren principal	12 MESES	INSPECTOR AIT	DESGASTE DE LLANTAS
	Inspección Detallada del Tren de Nariz	400 HORAS / 24 MESES	INSPECTOR AIT	FUGAS DE FLUIDO HIDRAULICO

10.4 ANÁLISIS FUNCIONAL

En el análisis funcional, se realizó la detección de la función que genera cada una de las fallas del sistema de trenes de aterrizaje.

Tabla 9. Análisis de la Función

ATA	TAREA	FRECUENCIA	RESPONSABLE	FALLA	FUNCION
32	Chequear conjunto de frenos por desgaste excesivo.	DIARIO	TECNICO	DESGASTE EXCESIVO DE ZAPATAS DE FRENO	FRENAR AERONAVE
	Chequear llantas por desgaste, cortes o rajaduras y chequear la presión adecuada.	DIARIO	TECNICO	DESGASTE DE LLANTAS	POSIBILITA EL MOVIMIENTO DE LA AERONAVE
	Inspección visual a rueda y llanta de tren de nariz y tren principal	12 MESES	INSPECTOR AIT	DESGASTE DE LLANTAS	AMORTIGUAR TREN DE NARIZ
	Servicio a sistema hidráulico de frenos	200 HORAS O 12 MESES	TECNICO	FRENOS LARGOS EN ATERRIZAJES	FRENAR AERONAVE
	Realizar prueba funcional de los frenos y chequear cilindros maestros por escapes.	DIARIO	INSPECTOR AIT	FRENOS LARGOS EN ATERRIZAJES	FRENAR AERONAVE
	Inspección visual general a Carenados	DIARIO	TECNICO	CUBIERTA DE TREN PRINCIPAL RH SUELTA Y CON FISURAS	PROTECCION CONJUNTO DE RUEDA Y FRENOS
	Llenado de Shimmy Damper	200 HORAS O 12 MESES	TECNICO	VIBRACIONES EN TREN DE NARIZ	AMORTIGUAR TREN DE NARIZ
	Chequeo funcional a Shimmy Damper	200 HORAS O 12 MESES	INSPECTOR AIT	VIBRACIONES EN TREN DE NARIZ	EVITAR FUGAS
	Inspección Detallada a Eje del Tren principal de aterrizaje	12 MESES	INSPECTOR AIT	CORROSION	SOPORTAR EL PESO DE LA AERONAVE
	Inspección visual del sello principal del brazo de arrastre	12 MESES	INSPECTOR AIT	AFLOJAMIENTO DE LOS PUNTOS DE APOYO PRINCIPALES DEL TREN	POSIBILITA EL MOVIMIENTO DE LA AERONAVE
Inspección Detallada del Tren de Nariz	400 HORAS / 24 MESES	INSPECTOR AIT	FUGAS DE FLUIDO HIDRAULICO	EVITAR VIBRACIONES Y FUGAS	

10.5 EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS

Una vez determinada la función el paso siguiente es determinar la consecuencia, las consecuencias pueden ser ocultas o evidentes, cuando son evidentes nos pueden generar un riesgo, una pérdida de operación o costos de reparación.

Tabla 10. Evaluación de las Consecuencias

ATA	TAREA	FRECUENCIA	RESPONSABLE	FALLA	FUNCION	CONSECUENCIA
32	Chequear conjunto de frenos por desgaste excesivo.	DIARIO	TECNICO	DESGASTE EXCESIVO DE ZAPATAS DE FRENO	FRENAR AERONAVE	OPERACIONAL
	Chequear llantas por desgaste, cortes o rajaduras y chequear la presión adecuada.	DIARIO	TECNICO	DESGASTE DE LLANTAS	POSIBILITA EL MOVIMIENTO DE LA AERONAVE	OPERACIONAL
	Inspección visual a rueda y llanta de tren de nariz y tren principal	12 MESES	INSPECTOR AIT	DESGASTE DE LLANTAS	AMORTIGUAR TREN DE NARIZ	OPERACIONAL
	Servicio a sistema hidráulico de frenos	200 HORAS O 12 MESES	TECNICO	FRENOS LARGOS EN ATERRIZAJES	FRENAR AERONAVE	OPERACIONAL
	Realizar prueba funcional de los frenos y chequear cilindros maestros por escapes.	DIARIO	INSPECTOR AIT	FRENOS LARGOS EN ATERRIZAJES	FRENAR AERONAVE	OPERACIONAL
	Inspección visual general a Carenados	DIARIO	TECNICO	CUBIERTA DE TREN PRINCIPAL RH SUELTA Y CON FISURAS	PROTECCION CONJUNTO DE RUEDA Y FRENOS	OPERACIONAL
	Llenado de Shimmy Damper	200 HORAS O 12 MESES	TECNICO	VIBRACIONES EN TREN DE NARIZ	AMORTIGUAR TREN DE NARIZ	OCULTA
	Chequeo funcional a Shimmy Damper	200 HORAS O 12 MESES	INSPECTOR AIT	VIBRACIONES EN TREN DE NARIZ	EVITAR FUGAS	OCULTA
	Inspección Detallada a Eje del Tren principal de aterrizaje	12 MESES	INSPECTOR AIT	CORROSION	SOPORTAR EL PESO DE LA AERONAVE	OPERACIONAL
	Inspección visual del sello principal del brazo de arrastre	12 MESES	INSPECTOR AIT	AFLOJAMIENTO DE LOS PUNTOS DE APOYO PRINCIPALES DEL TREN	POSIBILITA EL MOVIMIENTO DE LA AERONAVE	OCULTA
	Inspección Detallada del Tren de Nariz	400 HORAS / 24 MESES	INSPECTOR AIT	FUGAS DE FLUIDO HIDRAULICO	EVITAR VIBRACIONES Y FUGAS	OPERACIONAL

10.6 DETERMINACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

Para la determinación de las políticas de mantenimiento, agrupamos las tareas de acuerdo a la frecuencia, se realizó un ajuste en la frecuencia respecto a la frecuencia anterior con la que se realizaban las inspecciones indicadas, teniendo en cuenta el tiempo MTBF, determinado en el numeral 10.1, que fue de 38.06 horas, se establecen dos nuevos ítem de mantenimiento programado requerido para este sistema

- Cada 30 horas, inspección general a sistema de trenes de aterrizaje que incluye lubricación, inspección de shimmy dampener, inspección por desgaste de llantas, frenos y zapatas.
- Cada 200 horas, cambio de llantas.

Tabla 11. Determinación de las Políticas de Mantenimiento

FALLA	FUNCION	CONSECUENCIA	POLITICA	FRECUENCIA	FRECUENCIA ANTERIOR
DESGASTE EXCESIVO DE ZAPATAS DE FRENO	FRENAR AERONAVE	OPERACIONAL	INSPECCION	DIARIO	DIARIO
DESGASTE DE LLANTAS	POSIBILITA EL MOVIMIENTO DE LA AERONAVE	OPERACIONAL	INSPECCION	DIARIO	DIARIO
DESGASTE DE LLANTAS	AMORTIGUAR TREN DE NARIZ	OPERACIONAL	INSPECCION	100 HORAS	12 MESES
FRENOS LARGOS EN ATERRIZAJES	FRENAR AERONAVE	OPERACIONAL	INSPECCION	100 HORAS	200 HORAS O 12 MESES
FRENOS LARGOS EN ATERRIZAJES	FRENAR AERONAVE	OPERACIONAL	PRUEBA FUNCIONAL	DIARIO	DIARIO
CUBIERTA DE TREN PRINCIPAL RH SUELTA Y CON FISURAS	PROTECCION CONJUNTO DE RUEDA Y FRENOS	OPERACIONAL	INSPECCION	DIARIO	DIARIO
VIBRACIONES EN TREN DE NARIZ	AMORTIGUAR TREN DE NARIZ	OCULTA	INSPECCION	100 HORAS	200 HORAS O 12 MESES
VIBRACIONES EN TREN DE NARIZ	EVITAR FUGAS	OCULTA	PRUEBA FUNCIONAL	100 HORAS	200 HORAS O 12 MESES
CORROSION	SOPORTAR EL PESO DE LA AERONAVE	OPERACIONAL	INSPECCION	200 HORAS	12 MESES
AFLOJAMIENTO DE LOS PUNTOS DE APOYO PRINCIPALES DEL TREN	POSIBILITA EL MOVIMIENTO DE LA AERONAVE	OCULTA	INSPECCION	200 HORAS	12 MESES
FUGAS DE FLUIDO HIDRAULICO	EVITAR VIBRACIONES Y FUGAS	OPERACIONAL	INSPECCION	100 HORAS	400 HORAS / 24 MESES
FALLA EN SISTEMA DE TRENES DE ATERRIZAJE	POSIBILITA EL MOVIMIENTO DE LA AERONAVE	OPERACIONAL	INSPECCION	30 HORAS	NO APLICA
FALLA EN SISTEMA DE TRENES DE ATERRIZAJE	POSIBILITA EL MOVIMIENTO DE LA AERONAVE	OPERACIONAL	REEMPLAZO	200 HORAS	NO APLICA

Agregando estas dos tareas en el programa de mantenimiento se proyecta una disminución de fallas, del 50% del tiempo (horas) entre fallas por sistema de trenes de aterrizaje y disminución de los costos de mantenimiento así aumentar la disponibilidad y confiabilidad de la aeronave.

10.7 FASES DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

El documento o Manual Programa de Mantenimiento fue elaborado de acuerdo a las normas establecidas por la Aeronáutica civil y presentado para su aprobación por parte del Inspector de Aeronavegabilidad asignado a la aerolínea ALPES SAS, una vez aprobado el Manual es socializado a todo el personal y se hace efectivo.

10.7.1 Presupuesto asignado a la implementación

Tabla 12. Presupuesto

CONCEPTO	PRESUPUESTO
GASTOS GENERALES	
Papelería y útiles de escritorio (Fotocopias)	\$500.000.00
GASTOS RECURSO HUMANO	
01 Ing. De Mantenimiento	\$8.000.000.00
01 Asistente	\$3.000.000.00
GASTOS DE OFICINA	
<i>Horas de Computador, internet, libros</i> Libros.	\$800.000.00
INVERSIÓN	
INVERSIONES DE EQUIPO	
Software Cesview (suscripción anual)	\$2'500.000.00
OTROS GASTOS E IMPREVISTOS	\$500.000.00
TOTAL	15'300.000.00

11. CONCLUSIONES

- El modelo de PMO, es un modelo viable aplicado al programa de mantenimiento de una aeronave, ya que aunque el fabricante establece explícitamente unos tiempos y frecuencias a los diferentes sistemas y componentes cada aeronave tiene un contexto operacional diferente que hace que las condiciones de mantenimiento se puedan ajustar de acuerdo a dicha operación.
- Para efectos de ejecución de un PMO para una aeronave con un volumen de información más grande se pueden analizar no solo un sistema en particular sino analizar varios sistemas, optimizando aún más el programa de mantenimiento.
- Para la implementación de este tipo de modelos es importante contar con un equipo de trabajo consolidado y comprometido con el mantenimiento y seguridad de la aeronave, que pueda suministrar efectivamente la información y que sea consciente de la apropiada operación de la máquina, es decir un trabajo de equipo del área de mantenimiento y la tripulación de vuelo.

BIBLIOGRAFÍA

GARCÍA, Oliverio Palencia. Gestión integral de mantenimiento basada en confiabilidad” [en línea] disponible en: www.reliabilityweb.com

MOUBRAY, Jhon. RCM Mantenimiento Centrado en confiabilidad. 1ª Edición en Español. Buenos Aires. 2004. 433p.

ORTIZ PLATA, Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. [CD_ROM]. Bucaramanga, 2008. Posgrado gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

ORTIZ, Daniel. Memorias Clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. Especialización de Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: UIS 2010

PISTARELLI, Alejandro, Manual de Mantenimiento e Ingeniería, gestión y organización. [en línea] disponible en: <http://www.maconsultora.com/Gestion-Activos.html>

SOTUYO B., Santiago. “OIM: Optimización integral de Mantenimiento”. Ellmann, Sueiro S. A. 2001 [en línea] disponible en: www.ellmann.net. www.confiabilidad.net.

VALDERRAMA, María del Pilar. “Optimización del plan de mantenimiento”. [en línea] disponible en: <http://reliabilityweb.com/assets/uploads/art/PDF/pmo.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. INTERVALOS DE INSPECCIÓN CESSNA CARAVAN 208B

Estos intervalos fueron determinados por Serie Número de la aeronave en el manual de mantenimiento general de la aeronave según su aplicabilidad. Estos intervalos son importantes dentro del programa de mantenimiento a optimizar debido a que en cada intervalo están establecidas las tareas de mantenimiento que se tienen en cuenta para el análisis de falla del ATA 32.

Inspection Interval	Inspection Document
Interval 0A gives a list of item(s), which are completed during the Annual inspection O 100 H lo que ocurra primero.	5-15-0A
Interval item(s), which are completed every 12 calendar months	5-15-01
Interval item(s), which are completed every 24 calendar months.	5-15-02
Interval item(s), which are completed every 48 calendar months.	5-15-03
Interval item(s), which are completed every 72 calendar months.	5-15-04
Interval item(s), which are completed every 144 calendar months.	5-15-05
Interval item(s), which are completed every 200 Hours or 12 calendar months, whichever occurs first.	5-15-06
Interval item(s), which are completed every 400 Hours or 12 calendar months, whichever occurs first.	5-15-07
Interval item(s), which are completed every 400 Hours or 24 calendar months, whichever occurs first.	5-15-08
Interval item(s), which are completed every 800 Hours or 12 calendar months, whichever occurs first.	5-15-09
Interval item(s), which are completed every 800 Hours or 24 calendar months, whichever occurs first.	5-15-10
Interval item(s), which are completed every 1600 Hours or 24 calendar months, whichever occurs first.	5-15-11
Interval item(s), which are completed every 1600 Hours or 60	5-15-12

Inspection Interval	Inspection Document
calendar months, whichever occurs first.	
Interval AD item(s), which are completed at the first 20,000 hours and every 5000 hours thereafter.	5-15-13
Interval AE item(s), which are completed at the first 5000 hours and every 2500 hours thereafter.	5-15-14
Interval AF item(s), which are completed at the first 7500 hours and every 2500 hours thereafter.	5-15-15
Interval AG item(s), which are completed at the first 12,500 hours and every 2500 hours thereafter.	5-15-16
Interval AH item(s), which are completed at the first 16,500 hours and every 5000 hours thereafter.	5-15-17
Interval AI item(s), which are completed at the first 17,500 hours and every 1000 hours thereafter.	5-15-18
Interval AJ item(s), which are completed at the first 25,000 landings and every 5000 landings thereafter.	5-15-19
Inspeccion y Prueba funcional ELT. Required RAC 4.2.2.4 interval item(s), which are completed every 12 calendar months (No grace period).	5-15-20
Inspeccion y Prueba funcional Pitotestatica. Required RAC 4.2.4.6 certification interval item(s), which are completed every 24 calendar months (No grace period).	5-15-21
Inspeccion y Prueba funcional Transponder. Required RAC 4.2.4.7 certification interval item(s), which are completed every 24 calendar months (No grace period).	5-15-22
Interval AL item(s), which are completes every 200 flight hour for airplanes incorporating CAB-32-02 that operates in “Mild” or “Moderate” corrosion environments. Refer to Chapter 51, Corrosion Severity Maps – Description and Operation.	5-15-24
Interval AM item(s), which are completed at the first 20,000 hours and every 6000 hours thereafter.	5-15-25
Interval MA item(s), which are completed at 10,000 hours and every 5000 hours thereafter. (Chapter 4 requirement - No grace period)	5-15-MA
Interval MB item(s), which are completed at 5000 landings and every 1000 landings thereafter, up to 10,000 landings. Replace at	5-15-MB

Inspection Interval	Inspection Document
10,000 landings. (Chapter 4 requirement - No grace period)	
Interval MD item(s), which are completed at 15,000 landings and every 3000 landings thereafter. (Chapter 4 requirement - No grace period)	5-15-MD
Interval MF item(s), which are completed at 20,000 hours and every 5000 hours thereafter. (Chapter 4 requirement - No grace period)	5-15-MF

ANEXO B. TIEMPOS LIMITES DE INSPECCIÓN

En este listado, se encuentran incluidas todas las tareas de los intervalos vistos en el Anexo A, de estas se seleccionaron los aplicables al sistema de trenes de aterrizaje de la aeronave ATA 32, resaltados en amarillo.

Revision Status	Codigo	Task	Intervalo	CH SE SU	ZONA
Revised Sep 1/14	A052001	Aircraft Records Check Task 5-20-00-280	Annual	05-15-0A	ALL
Added Sep 1/14	A052002	Annual/100 Hour Inspection Task 5-20-00-750	Annual	05-15-0A	ALL
Revised Sep 1/14	A110001	Interior and Exterior Placard and Decal Detailed Inspection Task 11-00-00-220	200 Hours/12 Months	05-15-06	ALL
Revised Sep 1/14	D121001	Brake System Servicing Task 12-10-01-610	200 Hours/12 Months	05-15-06	121
Revised Sep 1/14	D121003	Shimmy Damper Servicing Task 12-10-01-611	200 Hours/12 Months	05-15-06	710
Revised Sep 1/14	C122101	Landing Gear Lubrication Task 12-21-03-640	200 Hours/12 Months	05-15-06	700
Revised Sep 1/14	C122103	Hartzell Propeller Lubrication Task 12-21-04-640	200 Hours/12 Months	05-15-06	110
Added Aug	C122104	Nose Landing Gear Drag Link Support	AK	05-15-23	701

Revision Status	Codigo	Task	Intervalo	CH SE SU	ZONA
16/13		Servicing (Airplanes Incorporating CAB-32-02 Only) Task 12-21-03-641			
Added Aug 16/13	C122105	Nose Landing Gear Drag Link Support Servicing (Airplanes Incorporating CAB-32-02 Only) Task 12-21-03-641	AL	05-15-24	701
Added Sep 1/14	C122106	Key Lock Lubrication Task 12-21-07-640	12 Months	05-15-01	801 802 803 804 921 922 923 924
Revised Sep 1/14	B212401	Avionics Cooling Fan Operational Check Task 21-24-00-710	800 Hours/12 Months	05-15-09	211 212
Revised Sep 1/14	B215001	Compressor Drive Belt Functional Check Task 21-50-00-720	400 Hours/24 Months	05-15-08	121 122
Revised Sep 1/14	B221201	Garmin Autopilot (GFC 700) Functional Check Task 22-12-00-720	800 Hours/12 Months	05-15-09	226 232
Revised Sep 1/14	C221201	Autopilot Servos Lubrication Task 22-12-00-640	800 Hours/24 Months	05-15-10	226 232
Revised Sep 1/14	B221203	Garmin Autopilot (GFC 700) Slip Clutch Override Operational Check Task 22-12-00-710	800 Hours/12 Months	05-15-09	226 232
Revised Sep 1/14	B236001	Static Discharge System Functional Check Task 23-60-00-720	200 Hours/12 Months	05-15-06	343 375 376 571 671
Revised Sep 1/14	B243201	Gill Flooded Lead-Acid Battery Functional Check (Capacity Check) Task 24-32-00-720	800 Hours/12 Months	05-15-09	122
Revised Sep 1/14	B243301	Concord Sealed Lead Acid Battery Functional Check (Capacity Check)	800 Hours/12 Months	05-15-09	122

Revision Status	Codigo	Task	Intervalo	CH SE SU	ZONA
		Task 24-33-00-720			
Revised Sep 1/14	B243401	Marathon Ni-Cad Battery Functional Check (Capacity Check) Task 24-34-00-720	200 Hours/12 Months	05-15-06	122
Revised Sep 1/14	A243601	Standby Alternator Detailed Inspection Task 24-36-00-220	400 Hours/12 Months	05-15-07	121
Revised Sep 1/14	A245001	Power Distribution Boxes Detailed Inspection Task 24-50-00-220	800 Hours/24 Months	05-15-10	121 122
Revised Sep 1/14	A251000	Smoke Goggle General Visual Inspection Task 25-10-00-210	12 Months	05-15-01	801 802
Revised Sep 1/14	B251001	Inertia Reel Operational Check Task 25-10-00-710	400 Hours/12 Months	05-15-07	221 232
Revised Sep 1/14	A251001	Crew Seats Detailed Inspection Task 25-10-00-220	800 Hours/24 Months	05-15-10	231 232
Revised Sep 1/14	A251003	Passenger Seats Detailed Inspection Task 25-21-00-220	800 Hours/24 Months	05-15-10	231 232
Revised Sep 1/14	A255101	Cargo Nets Detailed Inspection Task 25-51-00-220	200 Hours/12 Months	05-15-06	251 252 255 256 257 258
Revised Sep 1/14	B255201	Cargo Pod Drains Operational Check Task 25-52-00-710	400 Hours/12 Months	05-15-07	901 902 903 904 905 906
Revised Sep 1/14	A255201	Cargo Pod Zonal Inspection Task 25-52-00-210	72 Months	05-15-04	901 902 903 904 905 906
	B256001	ARTEX C406-2 Emergency Locator Transmitter (ELT) Functional Check Task 25-60-00-720	12 calendar months (required 14CFR 91.207)	05-15-20	220 311 312 340

Revision Status	Codigo	Task	Intervalo	CH SE SU	ZONA
	B256003	ARTEX ME406 Emergency Locator Transmitter (ELT) Functional Check Task 25-60-00-721	12 calendar months (required 14CFR 91.207)	05-15-20	220 311 312 340
	B256005	ARTEX C406-N Emergency Locator Transmitter (ELT) Functional Check Task 25-60-00-722	12 calendar months (required 14CFR 91.207)	05-15-20	220 311 312 340
	B256007	Dorne and Margolin, Pointer 3000-1, and Pointer 3000-11 Emergency Locator Transmitter (ELT) Functional Check Task 25-60-00-723	12 calendar months (required 14CFR 91.207)	05-15-20	220 311 312 340
Revised Sep 1/14	A261001	Engine Fire Detection System General Visual Inspection Task 26-10-00-210	400 Hours/12 Months	05-15-07	121 122
Revised Sep 1/14	B262001	Portable Fire Extinguisher Functional Check (Weight Check) Task 26-20-00-720	12 Months	05-15-01	215 216 251 252
Revised Sep 1/14	B262003	Portable Fire Extinguisher Restoration (Hydrostatic Test) Task 26-20-00-780	144 Months	05-15-05	215 216 251 252
Revised Sep 1/14	B262005	Portable Fire Extinguisher Restoration (Internal Inspection) Task 26-20-00-290	72 Months	05-15-04	215 216 251 252
Revised Sep 1/14	C270001	Flight Controls Lubrication Task 27-00-00-640	200 Hours/12 Months	05-15-06	215 216 226 373 374 503 525 603 625
Revised Sep 1/14	C271001	Aileron Trim System Lubrication Task 27-10-02-640	400 Hours/12 Months	05-15-07	211 212 217 218 233 234 253 254

Revision Status	Codigo	Task	Intervalo	CH SE SU	ZONA
					251 252 551 571 651 671
Revised Sep 1/14	B271001	Spoiler System Functional Check Task 27-10-00-720	800 Hours/24 Months	05-15-10	211 212 217 218 233 234 253 254 251 252 503 525 603 625
Revised Sep 1/14	C271003	Aileron Trim Tab Actuator (2660044-1) Lubrication Task 27-10-02-641	800 Hours/24 Months	05-15-10	551 571 651 671
Revised Sep 1/14	B271003	Aileron System Functional Check Task 27-10-00-721	1600 Hours/24 Months	05-15-11	211 212 217 218 233 234 253 254 251 252 503 525 603 625
Revised Sep 1/14	B271005	Aileron Trim Tab (Free Play) Functional Check Task 27-10-02-720	400 Hours/12 Months	05-15-07	551 571 651 671
Revised Sep 1/14	C271005	Aileron Trim Tab Actuator (2661615-1, 2661615- 9, or 2661615-10) Lubrication Task 27-10-02-642	1600 Hours/60 Months	05-15-12	551 571 651 671
Revised Sep 1/14	C272001	Rudder Bar Bearings and Rudder Pedals Lubrication Task 27-20-00-640	1600 Hours/24 Months	05-15-11	211 212 213 214
Revised Sep 1/14	B272001	Rudder System Functional Check (Standard Rudder Installation) Task 27-20-00-720	1600 Hours/24 Months	05-15-11	211 212 213 214 217 218 233 234 253 254 257 258 311 312 320 341
Revised Sep 1/14	B272003	Rudder System Functional Check (Float Kit Installation) Task 27-20-00-	12 Months	05-15-01	211 212 213 214 217 218 233 234

Revision Status	Codigo	Task	Intervalo	CH SE SU	ZONA
		721			253 254 257 258 311 312 320 341
Revised Sep 1/14	C273001	Elevator Trim Tab Actuator (2660017-1) Lubrication Task 27-30-02-640	800 Hours/24 Months	05-15-10	371 372 375 376
Revised Sep 1/14	B273001	Elevator System Functional Check Task 27-30-00-720	1600 Hours/24 Months	05-15-11	211 212 213 214 217 218 233 234 253 254 257 258 311 312 320 373 374 375 376
Revised Sep 1/14	B273003	Elevator Trim Tab (Free Play) Functional Check Task 27-30-02-720	400 Hours/12 Months	05-15-07	371 372 375 376
Revised Sep 1/14	C273003	Elevator Trim Tab Actuator (2661215-1 and 2661215-9) Lubrication Task 27-30-02-641	1600 Hours/60 Months	05-15-12	371 372 375 376
Revised Sep 1/14	B273101	Stall Warning System Operational Check Task 27-31-00-710	200 Hours/12 Months	05-15-06	211 212 503
Revised Sep 1/14	C275001	Flap Tracks and Rollers Lubrication Task 27-50-00-640	200 Hours/12 Months	05-15-06	525 527 625 627
Revised Sep 1/14	A275001	Flap Actuator Mount Bracket Detailed Inspection Task 27-50-00-220	800 Hours/12 Months	05-15-09	231 232
Revised Sep 1/14	B275001	Flap System Functional Check Task 27-50-00-720	1600 Hours/24 Months	05-15-11	'251 252 511 611 525 625
Revised Sep 1/14	A275003	Flap Bellcrank Detailed Inspection Task 27-50-00-221	800 Hours/12 Months	05-15-09	251 252 511 611 525 625
Added Sep	B277001	Rudder Gust Lock Detailed Inspection	1600 Hours/24 Months	05-15-11	330

Revision Status	Codigo	Task	Intervalo	CH SE SU	ZONA
1/14		(Airplanes 20800237 and On, Airplanes 208B0382 and On and Airplanes equipped with Aero Twin STC SA3649NM) Task 27-70-01-221			
Revised Sep 1/14	A281001	Fuel Filler Assembly Detailed Inspection Task 28-10-01-220	200 Hours/12 Months	05-15-06	521 621
Revised Sep 1/14	B281001	Fuel Vent Line Float Valve Operational Check Task 28-10-03-710	200 Hours/12 Months	05-15-06	575 675
Revised Sep 1/14	A281003	Fuel Storage System Detailed Inspection Task 28-10-01-221	48 Months	05-15-03	521 621
Revised Sep 1/14	D282101	Firewall Mounted Fuel Filter Servicing Task 28-21-00-610	400 Hours/12 Months	05-15-07	130
Revised Sep 1/14	B282103	Firewall Fuel Shutoff Valve Control Operational Check Task 28-21-00-711	400 Hours/12 Months	05-15-07	213 214 220
Revised Sep 1/14	C282301	Wing Shutoff Valve Linkage Lubrication Task 28-23-00-640	400 Hours/12 Months	05-15-07	231 232 511 611
Revised Sep 1/14	B284101	Fuel Reservoir Warning System Operational Check Task 28-41-00-710	400 Hours/12 Months	05-15-07	ENG
Revised Sep 1/14	B284103	Fuel Quantity and Low Fuel Warning Systems Functional Check Task 28-41-00-720	800 Hours/24 Months	05-15-10	AUX
Revised Jun 1/15	B301001	Bleed Air Pressure Regulator Functional Check (Airplanes with de-ice boots installed) Task 30-10-00-720	400 Hours/12 Months	05-15-07	122 AUX
Revised Sep	B301003	Bleed Air Pressure Regulator	200 Hours/12 Months	05-15-06	122 AUX

Revision Status	Codigo	Task	Intervalo	CH SE SU	ZONA
1/14		Functional Check (without TKS and not incorporating CAB93-2) Task 30-10-00-720			
Revised Sep 1/14	B301101	TKS Anti-Ice System Functional Check Task 30-11-00-720	400 Hours/12 Months	05-15-07	AUX
Revised Sep 1/14	B301102	Inboard TKS Wing Panel Pressurization Functional Check Task 30-11-00-721	12 Months	05-15-01	501, 601, AUX
Revised Sep 1/14	B301105	TKS System Pressure and Flow Functional Check Task 30-11-00-722	400 Hours/12 Months	05-15-07	AUX
Revised Sep 1/14	B304001	Windshield Anti-Ice System Operational Check Task 30-40-00-710	400 Hours/12 Months	05-15-07	AUX
Revised Sep 1/14	B313101	Flight Data Recorder System Functional Check Task 31-31-00-720	12 Months	05-15-01	312
Revised Sep 1/14	B313103	Flight Data Recorder Underwater Locator Beacon Functional Check Task 31-31-00-721	800 Hours/24 Months	05-15-10	312
Revised Sep 1/14	A321001	Main Landing Gear Detailed Inspection Task 32-10-00-220	12 Months	05-15-01	721 722
Revised Sep 1/14	A321003	Center-Spring and Main Gear-Spring Interface Area Special Detailed (Corrosion Inspection and Repair) Task 32-10-00-221	48 Months	05-15-03	721 722
Revised Dec 1/12	A321005	Main Landing Gear Axle (Part Numbers 2641011-1, -3, -4) Special	MB	05-15-MB	721 722

Revision Status	Codigo	Task	Intervalo	CH SE SU	ZONA
		Detailed Inspection (SID 32-10-01) Task 32-10-00-240			
Revised Sep 1/14	B322001	Shimmy Damper Functional Check Task 32-20-02-720	200 Hours/12 Months	05-15-06	710
Revised Sep 1/14	A322001	Nose Landing Gear Detailed Inspection Task 32-20-00-220	400 Hours/24 Months	05-15-08	710
Revised Sep 1/14	B332001	Passenger/Cargo Compartment Lighting Operational Check Task 33- 20-00-710	800 Hours/24 Months	05-15-10	AUX
Revised Sep 1/14	B341101	Pitot Tube Heaters Operational Check Task 34-11-00-710	200 Hours/12 Months	05-15-06	AUX
	B341103	Pitot/Static System Functional Check Task 34-11-00-720	24 calendar months (required 14 CFR 91.411)	05-15-21	AUX

ANEXO C. SISTEMA DE TREN DE ATERRIZAJE Y FRENOS

- Tren triciclo fijo.
- De acero resortado.
- Tubo central está unido a cada pierna hacia el exterior entre dos soportes.
- Conjunto de soportes está montado hacia el fuselaje a través de dos puntos en cada lado inferior de la estructura del fuselaje.
- Presión estándar 83 psi.

Figura 1. Tren de Aterrizaje Principal



Figura 2. Posición de Trenes de Aterrizaje.

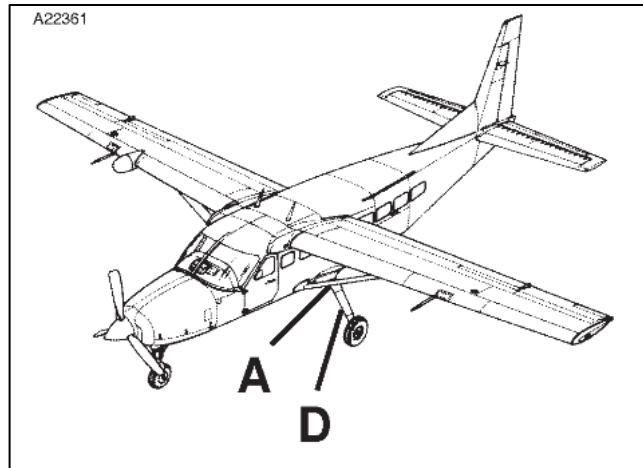


Figura 3. Vista en detalle del Tren Principal.

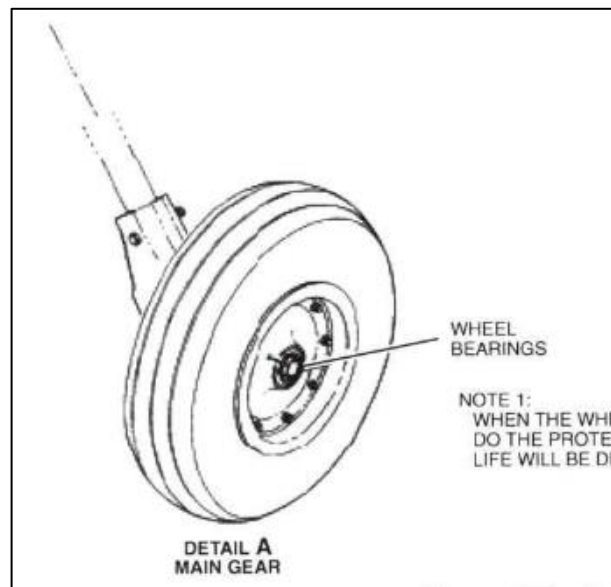
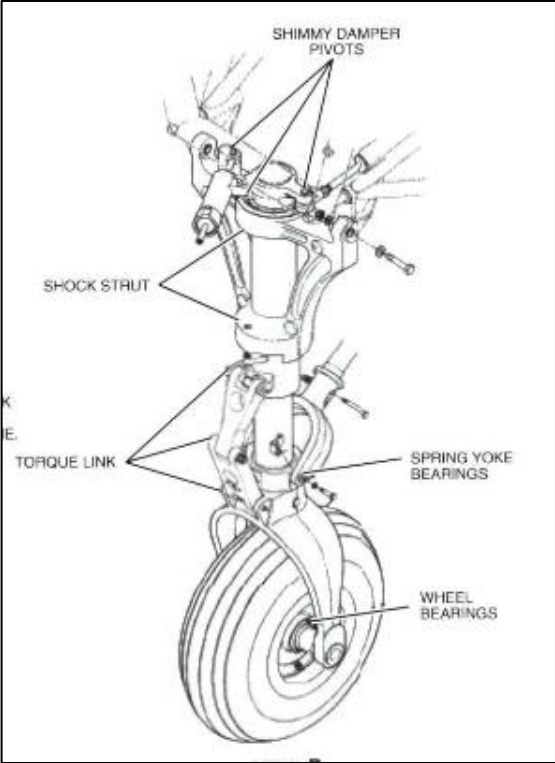


Figura 4. Vista en Detalle Tren de Nariz.



ANEXO D. COMPONENTES CONTROLADOS AERONAVE CESSNA CARAVAN

Para la elaboración del programa de mantenimiento de la aeronave fue necesario determinar los componentes controlados por fecha calendario, horas de vuelo, ciclos, aterrizajes, de acuerdo con la aplicabilidad de la aeronave.

A	EQUIPMENT AND FURNISHINGS	
A-1	Emergency Locator Transmitter (ELT) Battery Pack	Replace every 60 months
B	FLIGHT CONTROLS (CHAPTER 27)	
B-1	Flap Bell Crank (Part Numbers 2622281-2, -12)	Replace at every 40.000 landings.
B-2	Flap Bell Crank Bearings & Bolt-Replace	Replace at every 10.000 landings
B-3	Elevator Forward Pushrod P/N 2613440-5	Replace at every 40.000 landings.
B-4	Elevator Aft Pushrod P/N 2634027-3	Replace at every 40.000 landings.
NOTA: Los aterrizajes totales incluyen el desembarque acumulado de 2622281-2 antes de la modificación por sk208-123 a la configuración 2692001-2		
B	LANDING GEAR (CHAPTER 32)	
B-1	Main Landing Gear	
NOTA: Los elementos de sujeción en relación con estas instalaciones deben ser reemplazados cada vez que se sustituyen los componentes asociados.		
NOTA: Los elementos de sujeción pueden ser utilizados nuevamente si el componente es instalado para no más de 100 aterrizajes. Los elementos de sujeción también pueden ser utilizados nuevamente si el equipo original es para ser instalado de nuevo. Si se instala un equipo de reemplazo, todos los elementos de sujeción deben ser reemplazados.		
B-1a	Main Landing Gear Center Spring (Part Numbers 2641014-	Replace at every 31,500 landings.

	9)	
B-1b	Main Landing Gear Trunnion Assembly (Part Numbers 2641012-13 -14)	Replace at every 31,500 landings.
B-1c	Main Landing Gear Spring (Part Numbers 2641013-8)	Replace at every 31,500 landings
B-1d	Main Landing Gear Attach Pin (Part Numbers 2641008-200L y -2	Replace at every 31,500 landings.
B-1f	Main Landing Gear Axles P/N 2641011-5	Replace at every 31,500 landings.
B-1g	Main Landing Gear Axle Fittings (Part Numbers 2641010-7)	Replace at every 31,500 landings.
B-2	Nose Landing Gear	
NOTA: Los elementos de sujeción en relación con estas instalaciones deben ser reemplazados cada vez que se sustituyen los componentes asociados.		
NOTA: Los elementos de sujeción pueden ser utilizados nuevamente si el componente es instalado para no más de 100 aterrizajes. Los elementos de sujeción también pueden ser utilizados nuevamente si el equipo original es para ser instalado de nuevo. Si se instala un equipo de reemplazo, todos los elementos de sujeción deben ser reemplazados.		
B-2a	Nose Gear Drag Link Spring (Part Numbers 2643062-1	Replace at every 15,000 landings.
NOTA: En el engranaje de arrastre del tren de nariz con resortes reparados por CAB96-24 o por el Capítulo 32, tren de nariz- Limpieza / Pintura con daños reparados entre 0,050 pulgadas y 0,062 pulgadas (1,270 mm y 1,575 mm), el límite de vida es un adicional de 12.000 aterrizajes después de la reparación , que no exceda de 15.000 aterrizajes.		
NOTA: En el engranaje de arrastre del tren de nariz con resortes reparados por CAB96-24 o por el Capítulo 32, tren de nariz - Limpieza / Pintura con daños reparados entre 0,063 pulgadas y 0,075 pulgadas (1,600 mm y 1,905 mm), el límite de vida son 10.000 aterrizajes adicionales después de la reparación , que no exceda de 15.000 aterrizajes		
B-2b	Nose Gear Assembly (Part Numbers 2643095))	Replace at every 40,000 landings.
B-2c	Support Assembly, Nose Gear Spring (Part Numbers 2643030	Replace at every 40,000 landings.

	Series Part Numbers)	
B-2d	Fork Assembly, Nose Gear Spring (Part Numbers 2643031-1)	Replace at every 40,000 landings

E	Navigation (Chapter 34)		
	Pitot and static hoses	Replace	10 years in service.
F	Vacuum (Chapter 37)		
	Vacuum Hoses	Replace	After 10 years in service.
	Vacuum System Central Air Filter Discard (C294502-0201) Refer to Task 37-10-00-960 for procedure.	Replace	Every 12 Months or 400 Hours, whichever comes First.
	Vacuum Relief Valve Filter Discard (C482001-0202 Refer to Task 37-10-00-961 for procedure	Replace	Every 12 Months or 400 Hours, whichever comes First.
G	Propeller McCauley (Chapter 61)		
	Propeller	Overhaul 72 M 4000 h	Refer to McCauley Propeller Service Bulletin 137AE or latest revision.
	Governor (Woodward)	Overhaul 6100 h	Refer to Pratt & Whitney Service Bulletin number 1703.
	Overspeed Governor (Woodward)	Overhaul 6500 h	Refer to Service Bulletin 33580.
H	Power plant (Chapter 71)		
H-1	Engine PT6A-114A	OVH 6100 h HSI (Hot Section Inspection) 1800H	Refer to Pratt & Whitney Maintenance Manual listed in the List of

			Publications in the front of this publication as well Pratt & Whitney Service Bulletin No. 1703, Rev. No. 11 or later for model PT&A-114A
H-2	Fuel Hose		
	rubber hoses, base number S2495 (Purchased through Cessna),	Reemplazar	Every 5 Years o 3.600 Hours
	Teflon hoses, base number S2808 (Purchased through Cessna)	Reemplazar	Every 10 Years o at TBO whichever occurs first.
	Oil Hose Teflon P/N : S2808/AE3663	Reemplazar	Every 10 years or at engine TBO, whichever occurs first.
	Engine-Oil Breather Vent-Hose (part number S51-xx).	Reemplazar	Every 10 years or at engine TBO
NOTA: Para el número de pieza Vent-Tubo de ventilación de aceite del motor, el "-xx" se sustituye por la longitud de la manguera. Hay dos tramos de manguera S51 instaladas en la línea del ducto de ventilación de aceite del motor			
I-1	Fuel Control Unit	OVH	At TBO engine
I-2	Fuel Heater	OVH	At TBO engine
I-3	Propeller Governor	OVH	At TBO engine
I-4	Ignition Exciter	OVH	At TBO engine
I-5	Compressor Bleed Valve	OVH	At TBO engine
I-6	Flow Divider / Starting Control Installation	OVH	At TBO engine
I-7	Fuel Pump	OVH	At TBO engine
J	Starter-Generator (Chapter 80)		
J-1	Starter-Generator P/N 200SGL119Q-2	Overhaul or replace	every 2000 hours

COMPONENTE	P/N	SERIE	CICLOS
Hub del Compresor (Primera Etapa)	3013111	RWA10B275	19.000
Disco del Compresor (Segunda etapa)	3013712	2L318	24.000
Disco del compresor (Tercera etapa)	3011713	5L588	25.000
impeller	3027798	7C203	19.000
Disco del compresor Turbina	3013411	A00372LC	16.000 ciclos 15.000 horas
Disco de la Turbina de Potencia	3026812	2R329	20.000

No.	COMPONENTE	REFERENCIA	ACCION	VIDA LIMITE
1	Batería ELT	RAC 4.2.2.4	Reemplazar	5 años
2	Localizador Transmisor de Emergencia	RAC 4.2.2.4	Inspección y Prueba funcional.	1 año
3	Compensación de brújula	RAC 4.2.4.8	Inspección / compensación	1 año
4	Altímetros	RAC 4.2.4.6 Apéndice E	Calibración	2 años
5	Prueba Pitotstatica	RAC4.2.4.6 Apéndice E	Inspección / Prueba funcional	2 años
6	Transponder	RAC 4.2.4.7	Inspección y Prueba funcional.	2 años
7	Actualización de datos Anual		Actualizar	1 año
8	Licencia Estación de Radios	RAC 4.14.1.11	Actualizar	4 años
9	Actualización SAR	RAC 4.2.2.4 d)	Actualizar	2 años

**ANEXO E. FORMULARIOS DE TRABAJO DEL PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO QUE INCLUYEN LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO
ESTUDIADAS CON LOS CAMBIOS GENERADOS EN EL MODELO DE PMO.
INSPECCION DIARIA**

ITEM	TAREA	TECNICO
a.	Drenar sumidero de los tanques de combustible para eliminar sedimentos, antes del primer vuelo.	
b.	Verificar los puertos de estática y tubos pitot por obstrucciones antes del primer vuelo.	
c.	Drenar vaso filtro de combustible para desalojar agua y sedimentos.	
d.	Inspeccionar la entrada de aire de inducción por condición y obstrucciones.	
e.	Chequear el nivel de aceite y añadir si es necesario. Chequear la tapa de la entrada de llenado de aceite por condición y que este apretada y asegurada.	
f.	Chequear que la puerta de acceso a la tapa de aceite esté asegurada.	
g.	Chequear conjunto de frenos por desgaste excesivo.	
h.	Chequear llantas por desgaste, cortes o rajaduras y chequear la presión adecuada.	
i.	Realizar prueba funcional de los frenos y chequear cilindros maestros por escapes.	
j.	Chequear ventilación de los tanques de combustible.	
k.	Inspeccionar superficies de control y flaps por libre movimiento, seguridad de montaje y juego excesivo.	
l.	Chequear nivel del fluido del sistema hidráulico y añadir si es necesario.	

ITEM	TAREA	TECNICO
m.	Chequear el motor y sus accesorios, líneas de aceite y combustible por escapes.	
n.	Chequear sello del eje de la hélice por escapes de aceite.	
o.	Chequear carcasa de la bomba de excavación de aceite por escapes.	
p.	Chequear rodamiento de FCU por evidencia de tinte azul (Grasa y combustible mezclados) en los desechos de ventilación del FCU.	
q.	Cada 30 horas. Inspección general y prueba funcional a sistema de frenos y trenes de aterrizaje.	

INSPECCION POR 12 MESES

ITEM	TAREA	ZONA	TECNICO	INSPECTOR
C122106	Key Lock Lubrication Task 12-21-07-640	801 802 803 804 921 922 923 924		
A251000	Smoke Goggle General Visual Inspection Task 25-10-00-210	801 802		
B262001	Portable Fire Extinguisher Functional Check (Weight Check) Task 26-20-00-720	215 216 251 252		
B272003	Rudder System Functional Check (Float Kit Installation) Task 27-20-00-721	211 212 213 214 217 218 233 234 253 254 257 258 311 312 320 341		
B301102	Inboard TKS Wing Panel Pressurization Functional Check Task 30-11-00-721	501, 601, AUX		
A321001	Main Landing Gear Detailed Inspection Task 32-10-00-220	721 722		
A322002	Drag Link Forward Support Seal General Visual Inspection. (Airplanes 20800553 and On and 208B5076 and On) Task 32-20-	701		

ITEM	TAREA	ZONA	TECNICO	INSPECTOR
	00-210			
A324001	Brakes Detailed Inspection Task 32-40-00-220	721 722		
A324005	Main Landing Gear Wheels and Tires Detailed Inspection Task 32-40-00-222	721 722		
A324009	Nose Landing Gear Wheel and Tire Detailed Inspection Task 32-40-00-224	710		
B342101	Magnetic Compass Functional Check Task 34-21-00-720	ENG		
B350101	Oxygen System Operational Check Task 35-01-00-710	231 232 251 252 255 256 311 312 801 802		
A714101	Engine Wash Ring, Air Plenum, and Thermocouple (T1) Detailed Inspection Task 71-41-00-220	130		

ITEM	TAREA	ZONA	TECNICO	INSPECTOR
01	Aircraft Records Check Task 5-20-01-280	ALL		
02	12-10-01-610 Hydraulic Brake System Servicing	121		
03	24-33-00-720 Concord Sealed Lead Acid Battery Functional Check (Capacity Check)	122		
04	25-10-00-220 Crew Seats Detailed Inspection	231 232		
05	25-10-00-710 Inertia Reel Operational Check	221 232		
06	27-10-00-721 Aileron System Functional Check	211 212 217 218 233 234 253 254 251 252 503 525 603 625		
07	27-50-00-220 Flap Actuator Mount Bracket Detailed Inspection	231 232		

ITEM	TAREA	ZONA	TECNICO	INSPECTOR
08	27-50-00-221 Flap Bell Crank Detailed Inspection	251 252 511 611 525 625		
09	27-50-00-720 Flap System Functional Check	251 252 511 611 525 625		
10	32-10-00-220 Main Landing Gear Detailed Inspection	721 722		
11	32-20-00-220 Nose Landing Gear Detailed Inspection	710		
11.1	Brake System Servicing Task 12- 10-01-610	710		
12	32-40-00-220 Brakes Detailed Inspection	721		
13	32-40-00-222 Main Landing Gear Wheels and Tires Detailed Inspection	721 722		
14	32-40-00-224 Nose Landing Gear Wheel and Tire Detailed Inspection	710		
D121003	Shimmy Damper Servicing Task 12-10-01-611	710	D121003	Shimmy Damper Servicing Task 12-10-01-611
15	53-10-00-210 External Fuselage Zonal Inspection	ALL		
16	53-10-00-211 Internal Cockpit Zonal Inspection	211 A 218 Y 231 A 234		
17	53-10-00-212 Internal Cabin Zonal Inspection	251 A 258 Y 311 312		
18	53-10-00-213 Internal Tail Cone Zonal Inspection	311 312 320 330		
19	53-10-00-214 Empennage and Horizontal Stabilizer Zonal Inspection	340 341 373 374		
20	57-10-00-210 Wing Zonal Inspection	500 600		
21	61-11-00-720 McCauley Propeller Functional Check	110		
22	71-00-01-210 Engine	130		

ITEM	TAREA	ZONA	TECNICO	INSPECTOR
	Compartment Zonal Inspection			
23	71-20-00-220 Engine Mounts and Firewall Detailed Inspection	130		
24	76-10-00-720 Engine Controls Functional Check	130 211 212 ENG		

INSPECCION POR 200 HORAS

ITEM	TAREA	ZONA	TECNICO	INSPECTOR
A110001	Interior and Exterior Placard and Decal Detailed Inspection Task 11-00-00-220	ALL		
D121001	Brake System Servicing Task 12-10-01-610	121		
D121003	Shimmy Damper Servicing Task 12-10-01-611	710		
C122101	Landing Gear Lubrication Task 12-21-03-640	700		
B236001	Static Discharge System Functional Check Task 23-60-00-720	343 375 376 571 671		
A255101	Cargo Nets Detailed Inspection Task 25-51-00-220	251 252 255 256 257 258		
C270001	Flight Controls Lubrication Task 27-00-00-640	215 216 226 373 374 503 525 603 625		
B273101	Stall Warning System Operational Check Task 27-31-00-710	211 212 503		
C275001	Flap Tracks and Rollers Lubrication Task 27-50-00-640	525 527 625 627		
B281001	Fuel Vent Line Float Valve Operational Check Task 28-10-03-710	575 675		
A281001	Fuel Filler Assembly Detailed Inspection Task 28-10-01-220	521 621		
B301003	Bleed Air Pressure Regulator Functional Check (without TKS and not incorporating CAB93-2)	122 AUX		

ITEM	TAREA	ZONA	TECNICO	INSPECTOR
	Task 30-10-00-720			
B322001	Shimmy Damper Functional Check Task 32-20-02-720	710		
B341101	Pitot Tube Heaters Operational Check Task 34-11-00-710	AUX		
B761003	Emergency Power Lever Annunciator Light (EPL) Operational Check Task 76-10-01- 710	AUX		
	Reemplazo de llantas de tren principal y nariz.	721 710		