

RAE

TIPO DE DOCUMENTO: Trabajo de grado para optar por el título de INGENIERO AERONAUTICO

TÍTULO: MEJORAMIENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA BOEING 727 DE LA COMPAÑÍA (LAS) LINEAS AEREAS SURAMERICANAS PARA REDUCCIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN.

AUTORES: Marcos Albeiro Avila, Jhoan Sebastian Correa

LUGAR: Bogotá D.C

FECHA: JUNIO DE 2014

PALABRAS CLAVES: MSG-Maintenance Steering Group, Confiabilidad, Mantenimiento, Mano de obra, Migración

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO. El objetivo principal de este proyecto es, elaborar y proponer una migración del programa de confiabilidad de la filosofía MSG-2, dentro de una empresa de transporte aéreo de carga. Aplicando la actualización denominada; filosofía MSG-3, utilizando el programa (MSG *Maintenance Program*) diseñado para analizar las fallas recurrentes en los componentes, permitiendo identificar de manera más precisa el origen de la falla, ayudando a controlar y organizar el historial de fallas de los componentes.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Líneas de investigación de la USB: Este trabajo se desarrolla en el marco de la línea “Tecnologías Actuales y Sociedad”

METODOLOGÍA: El método usado en este trabajo se basó en los programas de confiabilidad manejados por la empresa de transporte y el fabricante Boeing, al igual, como guía se tomó el Manual General de Mantenimiento del operador, Requerimientos del Manual General de Mantenimiento” en la parte cuarta del Reglamento Aeronáutico Colombiano (RAC) “NORMAS DE AERONAVEGABILIDAD Y OPERACIÓN DE AERONAVES”; igualmente la Circular Informativa CI-5103-082-17 y 5103-082-09 de la aeronáutica civil

CONCLUSIONES: Se generó una propuesta al programa de confiabilidad de la flota Boeing en la compañía (LAS), señalado los procedimientos y mejoras necesarias para aplicar la metodología MSG-3 lo cual queda a criterio de evaluación de la empresa, si es conveniente o no la implementación del nuevo programa. Se realizó el análisis financiero, teniendo en cuenta los costos asociados a las horas hombre y horas lapso, enfocados al presupuesto de mano de obra del cual no se tuvo en cuenta el costo de la hora hombre ingenieril, puesto que esta información no fue facilitada por la compañía, presentándose en el análisis un incremento considerable en los costos de operación debido a los gastos en los que la empresa debe incurrir para implementar el programa MSG-3 en su totalidad, lo cual incrementaría la seguridad y la fiabilidad de los componentes a un precio muy elevado para la compañía.

**MEJORAMIENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA
BOEING 727 DE LA COMPAÑÍA (LAS) LINEAS AEREAS SURAMERICANAS
PARA REDUCCIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN.**

**MARCOS ALBEIRO AVILA HERRERA
JHOAN SEBASTIAN CORREA QUINTERO**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AERONÁUTICA
BOGOTÁ
2014**

**MEJORAMIENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA
BOEING 727 DE LA COMPAÑÍA (LAS) LINEAS AEREAS SURAMERICANAS
PARA REDUCCIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN.**

**MARCOS ALBEIRO AVILA HERRERA
JHOAN SEBASTIAN CORREA QUINTERO**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Aeronáutico**

**Director
Ing. OSCAR MARTINEZ**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AERONÁUTICA
BOGOTÁ
2014**

Nota de aceptación:

Firma de presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

BOGOTÁ D. C., Mayo 19 de 2014

DEDICATORIA

Primero que todo, quiero agradecerle a Dios por todas las cosas lindas que ha puesto en mi camino, y que aunque a veces no entienda sus decisiones, sé que las toma por algo y para bien en mi vida.

Esta tesis se la dedico a mi madre quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no decaer en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. La que me ha dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

También la dedico a una persona muy especial en mi vida, y aunque ya no se encuentre físicamente conmigo, yo sé que en todo momento al desarrollar este trabajo lo estuvo, en las investigaciones, en mis desvelos, en mis momentos más difíciles, por eso a ti Pedro Heli Quintero, Tío querido te dedico mi esfuerzo donde te encuentres. Te amo, y muchas gracias por apoyarme y estar siempre a mi lado.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome con su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles.

A Lorena Sandoval Mariño, mi novia que es incondicional y ha sido mi amiga y compañera, fuente de sabiduría, calma y consejo en todo momento

A mis sobrinas quienes han sido y son mi motivación, inspiración y felicidad.

*“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. **Thomas Chalmers***

Sebastián Correa Quintero.

DEDICATORIA

Inicialmente quiero agradecer a Dios que me ha permitido llegar hasta aquí, y me ha guiado en esos momentos difíciles y que me ha permitido sortear todas las dificultades para llegar al punto en el que estoy.

Dedico este trabajo a mi padre Marco Aurelio Avila, y a mi madre Evangelina Herrera sin los cuales no estaría aquí presente, ya que me han apoyado durante todo mi proceso de formación, y que han sido el pilar de mis logros y con mucho esfuerzo me han colaborado en mis necesidades.

A mis hermanas Neyla Lorena y Luisa Fernanda, por apoyarme y aconsejarme en esos momentos que tanto necesite de alguien y me dieron fuerzas para continuar y llegar a mi meta, de igual manera a mis hermanos Néstor y Cristian por el apoyo que me brindaron y los ánimos que me dieron durante mi proceso de formación y de crecimiento, y todos los que me apoyaron en el desarrollo de mi proyecto y mi carrera como profesional.

Marcos Albeiro Avila Herrera

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este proyecto, queremos expresar agradecimientos especiales a: Las directivas y a todo el personal de la empresa LAS (Líneas Aéreas Suramericanas), en especial al Ing. Danilo E Suarez, Ingeniero Mecánico, Jefe de Ingeniería y Planeación el cual nos brindo la oportunidad de realizar el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Leonardo Álvarez, Ingeniero Mecánico, Jefe de Mantenimiento Líneas Aéreas Suramericanas. Que siempre estuvo atento brindándonos cualquier tipo de colaboración. Su constante atención e interés en nuestro trabajo sus ideas, comentarios y sugerencias, han contribuido a un muy buen resultado para este proyecto.

Agradezco al Ing. Oscar Ricardo Martínez, Ingeniero Aeronáutico, Docente de la Universidad de San Buenaventura. Quien con sus aportes, asesorías y ayuda incondicional hicieron que este proyecto se llevara a cabo exitosamente.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	24
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
1.1. Antecedentes	26
1.2. Descripción	28
1.3. Formulación del problema	29
1.4. Justificación	30
1.5. Objetivos de la investigación	31
1.5.1. Objetivo general	31
1.5.2. Objetivos específicos	31
1.6. Alcances y limitaciones del proyecto	32
1.6.1 Alcances	32
1.6.2. Limitaciones	33
2. MARCO DE REFERENCIA	34
2.1. Marco conceptual	34
2.1.1. Medios para aumentar la confiabilidad	35
2.1.2. Amenazas de la confiabilidad	36
2.1.3 Fallas en componentes y sus consecuencias	36
3. MARCO TEÓRICO	38

3.1. Costos de operar una aeronave	40
4. METODO DE MANTENIMIENTO MSG	42
4.1 Método MSG-2 (Orientada a los procesos)	42
4.2 Objetivos programa MSG-3	45
4.3. Beneficios	46
4.3.1 Método MSG-3 (Orientada a las tareas)	46
4.4 Diagrama de análisis de método MSG-3	49
4.5 Criterio de selección de tareas	56
5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROCEDIMIENTOS ACTUALES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO FLOTA B727.	58
5.1. Descripción del procedimiento	58
5.2 Tipos de servicio de mantenimiento	59
5.3 Tipos de mantenimiento regidos por LAS	61
5.4 Programa de confiabilidad de mantenimiento	64
5.4.1 Diagrama de flujo del proceso de confiabilidad de la empresa LAS	65
5.4.2 Diagrama de flujo de la recolección de datos para el programa de confiabilidad	66
5.4.3 Diagrama de flujo del sistema de análisis de datos del programa de confiabilidad de LAS	67
5.4.4 Parámetros de rendimiento operacional del programa de confiabilidad de la Flota B727	68
6. RESUMEN OPERACIONAL	69

6.1 Resumen operacional Flota B727-200.	70
6.2 Sistemas en alerta - Flota B727-100	82
6.3 Remoción no programada de componentes por Sistemas ATA	84
7. METODOLOGÍA	86
7.1 Enfoque de la investigación	86
7.2 Fases del proceso ingenieril.	86
7.3 Metodología del trabajo	88
8. MARCO LEGAL O NORMATIVO	90
9. DESARROLLO INGENIERIL	91
9.1 Criterios exigidos por la Aeronáutica Civil Colombiana para el programa de confiabilidad de la compañía (LAS)	91
9.2 Recopilación de datos	95
9.2.1 Sistema de Recolección de Información	95
9.2.2. Fuentes de información	96
9.3 Informes de confiabilidad	97
9.4 Fuentes de información	100
9.4.1 Organización de los datos	100
9.5 Identificación de sistemas a analizar	101
9.5.1 Demoras	101
9.5.2 Reportes técnicos	102

10. REMOCIONES NO PROGRAMADAS	111
11. ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LA FILOSOFÍA MSG-3	113
11.1 Descomposición de los Sistemas por medio del ATA	113
11.2 Explicación diagrama lógico MSG-3	115
11.2.1 Cuadro de resultados filosofía MSG-3	117
11.3 Componentes O/C que presentaron mayor número de fallos	118
12. ANALISIS FINANCIERO	119
12.1 Horas-Hombre del Programa de confiabilidad con MSG-2	124
12.2 Horas-Hombre de un Programa de confiabilidad con MSG-3	128
12.3 Horas-Lapso de un Programa de confiabilidad con MSG-2	129
12.4 Horas-Lapso del Programa de confiabilidad con MSG-3	131
12.5 Disminución de Horas Hombre	132
12.6 Disminución de Horas Lapso	134
12.7. Reducción de costos de operación	137
12.8 Análisis económico de los servicios de mantenimiento .	142
12.8. Propuesta de mejora al programa de confiabilidad de la compañía	144
CONCLUSIONES	145
BIBLIOGRAFÍA	146
ANEXOS	148

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Método MSG3.	45
Tabla 2. Criterio de selección de tareas.	57
Tabla 3. Aeronaves Boeing 727-100 y 727-200.	58
Tabla 4. Intervalos de Servicios.	62
Tabla 5. Estándares de rendimiento operacional.	68
Tabla 6. Resumen operacional por aeronave B727-100.	72
Tabla 7. Descripción interrupciones mecánicas, demoras o cancelaciones originadas en el mes.	74
Tabla 8. Descripción interrupciones mecánicas, demoras o cancelaciones originadas en el mes.	74
Tabla 9. Reporte manual clasificación de los Sistemas ata .	77
Tabla 10. Interrupciones mecánicas últimos doce meses B727-100/200.	79
Tabla 11. Reportes de piloto por Sistema ATA – Flota B727- 100	81
Tabla 12. Sistemas en alerta - Flota B727-100	83
Tabla 13. Remoción no programada de componentes por Sistemas ATA.	85
Tabla 14. Datos de efectividad de la Flota B727-100/200/SUPER 27 Aeronaves HK 4401 Y HK 4154 AÑO 2012	98
Tabla 15. Datos de efectividad de la Flota B727-100/200/SUPER 27 Aeronaves HK 4401 Y HK 4154 AÑO 2011	99

Tabla 16. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 21 Y 22 - Flota B727-200 / Súper 27	103
Tabla 17. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 21 Y 22 – Flota B727-200 / Súper 27	104
Tabla 18. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 26 Y 27 – Flota B727-200 / Súper 27	105
Tabla 19. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 26 Y 27 – Flota B727-200 / Súper 27	106
Tabla 20. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 28 Y 29 – Flota B727-200 / Súper 27	107
Tabla 21. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 28 Y 29 – Flota B727-200 / Súper 27	108
Tabla 22. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 30 Y 32 – Flota B727-200 / Súper 27	109
Tabla 23. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 30 Y 32 – Flota B727-200 / Súper 27	110
Tabla 24. Distribución de los costos de mantenimiento en la compañía LAS año 2013	120
Tabla 25. Relación de Servicios Realizados 2009-2012	121
Tabla 26. Sueldo del Personal de Mantenimiento	122
Tabla 27. Programación, control producción y costos de mantenimiento anual MSG-2	123
Tabla 28. Número y costos de trabajos realizados en la Flota	124

Tabla 29. Horas-hombre por servicio y durante 10 años con el Programa MSG-2	125
Tabla 30. Programación, control producción y costos de mantenimiento anual MSG-3 B227-100	126
Tabla 31. Programación, control producción y costos de mantenimiento anual MSG-3 B227-200	127
Tabla 32. Horas Hombre por servicio y durante 10 años con el Programa MSG-3	128
Tabla 33. Horas Lapso por servicio y durante 10 años con el Programa MSG-2	130
Tabla 34. Horas Lapso por servicio y durante 10 años con el Programa MSG-3	131
Tabla 35 Ahorro por años asociados al costo Hora-Hombre.	134
Tabla 36. Ahorro horas lapso por año	136
Tabla 37. Ahorro total Horas hombre y Horas lapso.	137
Tabla 38. Datos financieros año 2013 con el programa MSG-2	139
Tabla 39. Datos financieros año 2013 con el programa MSG-3	140
Tabla 40. Costo total implementación MSG-2	142
Tabla 41. Costo total implementación MSG-3	143

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama costos directos de operador	41
Figura 2. Diagrama de análisis del método MSG-2	44
Figura 3. Diagrama de análisis del método MSG-3	55
Figura 4. Plan de Inspecciones	59
Figura 5. Nomenclatura de los servicios programados	60
Figura 6. Manual Programa de Confiabilidad de Mantenimiento Actualización	65
Figura 7. Diagrama recolección de datos	66
Figura 8. Diagrama sistema de análisis de datos	67
Figura 9. Diagrama total de interrupciones por aeronave	75
Figura 10 Diagrama total de interrupciones por flota	75
Figura 11. Metodología del trabajo	89
Figura 12. Servicios realizados durante los periodos 2010 a 2012	101
Figura 13. “Sistema de Piloto automático (ATA 22) y el “aire acondicionado” (ATA 21)	111
Figura 14. Sistema que muestran mayor tasa de remociones no programadas	112
Figura 15. Descomposición de los Sistemas ATA	114

Figura 16. Distribución de los costos de mantenimiento en la compañía LAS año 2013	119
Figura 17. Distribución Horas-hombre para el programa con MSG-2	125
Figura 18. Distribución Horas-hombre para el programa con MSG-3	129
Figura 19. Distribución Horas lapso por servicio programa con MSG-2	130
Figura 20. Distribución Horas lapso por servicio programa con MSG-3	132

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Ventana de inicio del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM	147
Gráfico 2. Planilla de inicio del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM	148
Gráfico 3. Ventana de inicio de la pregunta 1 del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM	148
Gráfico 4. Ventana de la justificación de la pregunta 1 del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM	149
Gráfico 5. Ventana de inicio de la pregunta 2 del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM	150
Gráfico 6. Ventana de la justificación de la pregunta 2 del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM	151
Gráfico 7. Ventana de la ruta de preguntas y justificaciones totales en el análisis con el programa MSG MAINTENANCE PROGRAM	152
Gráfico 8. Formato de preguntas del segundo nivel del árbol de decisión en el análisis con el programa MSG MAINTENANCE PROGRAM	153
Gráfico 9. Ventana de opciones de continuación y cerrado del análisis del Programa MSG MAINTENANCE PROGRAM	154

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A Explicación del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM	149
ANEXO B. ANÁLISIS DE FLUJO FORMATOS PROGRAMA MSG-3	155
ANEXO B1. System breakdown, and design features (SFD)	157
ANEXO B2. Maintenance significant item list (MSI)	158
ANEXO B3. System Description	159
ANEXO B4. Component-maintainability and reliability data (MRB)	160
ANEXO B5. Functional failure (FFA)	161
ANEXO B6. Failure effect category (FEC)	162
ANEXO B7. Task selection questions (TSQ)	163
ANEXO B8. Task selection questions (TSQ)	164
ANEXO B9. Failure effect category (FEC)	165
ANEXO B10. Task selection questions (TSQ)	166
ANEXO B11. Task selection questions (TSQ)	167
ANEXO B12. Componentes tareas y acciones a implementar	168
ANEXO B13. System breakdown, and design features (SFD)	169
ANEXO B14. Maintenance significant item list (MSI)	170
ANEXO B15. System Description	171
ANEXO B16. Component-maintainability and reliability data (MRB)	172

ANEXO B17. Functional failure (FFA)	173
ANEXO B18. Failure effect category (FEC)	174
ANEXO B19. Task selection questions (TSQ)	175
ANEXO B20. Task selection questions (TSQ)	176
ANEXO B21. Failure effect category (FEC)	177
ANEXO B22. Task selection questions (TSQ)	178
ANEXO B23. Task selection questions (TSQ)	179
ANEXO B24. Componentes tareas y acciones a implementar	180

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

AAIP: Aircraft Availability Improvement Plan

AC: Advisory Circular

ARINC: Aeronautical Radio Incorporated

ATEC: Automatic Test Equipment Complex

BCL: Battery Charge Limiter

CFDIU: Centralized Fault Display Interface Unit

CM: Condition Monitoring

EASA: European Aviation Safety Agency

ECAM: Electronic Centralized Aircraft Monitoring

FAA: Federal Aviation Administration

FMEA: Failure Modes and Effects Analysis

FRACAS: Failure Reporting, Analysis, and Corrective Action System

HT: Hard Time.

LRU: Line Replaceable Unit

MEL: Minimum Equipment List

MC: Mission Capable

MSG: Maintenance Steering Group

MSI: Maintenance Significant Item

MTBF: Mean Time Between Failures

MTBUR: Mean Time Between Unscheduled Removal

NMCS: Non Mission Capable Supply

NMCM: Non Mission Capable Maintenance

OC: On Condition

OAMP: Operator Aircraft Maintenance Program

PIT: Procedimientos Internos del Taller

RAT: Ram Air Turbine

RCM: Reliability Centered Maintenance (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad)

SDAC: System Data Acquisition Concentrator

UCL: Upper Control Limit.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AIR TRANSPORT ASSOCIATION OF AMERICA (ATA): Asociación de transporte aéreo americano.

AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL (AMM): *Manual de mantenimiento de la aeronave*, con las descripciones de las labores de mantenimiento que se efectúan a una aeronave.

AIRWORTHINESS DIRECTIVE (AD): *Directiva de aeronavegabilidad*, documento emitido por una autoridad aeronáutica con el fin de asegurar la continuidad de la aeronavegabilidad de una aeronave. Su implementación es de carácter obligatorio.

ALERT SERVICE BULLETIN (ASB): *Boletín de servicio urgente*, es aquel documento emitido por el fabricante de una aeronave con el propósito de incrementar los niveles de seguridad de operación.

CERTIFICATION MAINTENANCE REQUIREMENTS (CMR): *Requerimientos de mantenimiento para la certificación de una aeronave*. Son tareas de mantenimiento demandadas para asegurar que ciertos sistemas cumplan con los requerimientos de certificación y sus intervalos de cumplimiento no deben variarse por ningún motivo.

COMPONENTE: Partes que no son consumibles de un sistema, (Bombas, válvulas, largueros etc.).

CONFIABILIDAD Característica de calidad que mide la duración de los productos, los cuales deben operar sin fallas durante un tiempo especificado para ser confiables.

DEMORAS TÉCNICAS: Cuando se produce el funcionamiento erróneo de un componente, el equipo necesario para probar el sistema y tomar las acciones

correctivas, es más de 15 minutos después de la hora programada para el despegue.

ENVIRONMENTAL DAMAGE (ED): Es el deterioro que ocasiona el medio ambiente a un componente, elemento o sistema de la aeronave.

FATIGUE DAMAGE (FD): Deterioro ocasionado por la pérdida de las propiedades de un componente, elemento o sistema de la aeronave.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA): Autoridad Aeronáutica de los Estados Unidos de Norteamérica

HORAS HOMBRE (HH): Tiempo (Horas) destinado para que el personal de mantenimiento (técnicos, inspectores, ingenieros, etc.) realice una labor de mantenimiento.

MAINTENANCE STEERING GROUP (MSG): Grupo conformado por los fabricantes, operadores y autoridades aeronáuticas para desarrollar filosofía de programas de mantenimiento.

MANUAL GENERAL DE MANTENIMIENTO (MGM): Documento que describe la organización de la empresa y las funciones de cada uno de sus departamentos.

MATERIAL: Partes consumibles de un sistema, (remaches, tornillos etc.).

MODO DE FALLO: Es la manera en que el proceso, sistema o componente, podría potencialmente fallar en el cumplimiento de requerimientos.

MAINTENANCE STEERING GROUP (MSG 1): *Grupos de Dirección de Mantenimiento*, su propósito era actualizar la lógica de trabajo y hacer que el documento se pudiera universalizar para todos los tipos de aviones aunque inicialmente fue diseñado para el avión B747. Sirve para dotar a la industria de una herramienta que permite deducir las tareas aplicables que mantienen al avión aeronavegable.

MAINTENANCE STEERING GROUP (MSG 2): nace para los aviones DC 10 en los años 70`s, se inicia la aplicación del *Overhaul* y *Hard Time*, *Oncondition*, *Condition Monitoring*.

MAINTENANCE STEERING GROUP (MSG 23): nace para los aviones de nueva generación como el A320 y 777. Se distingue entre fallas de seguridad, costos, dado un tratamiento adecuado de las fallas ocultas.

TOP DOWN: En el modelo *top-down* se formula un resumen del sistema, sin especificar detalles. Cada parte del sistema se define diseñando con mayor detalle. Cada parte nueva es entonces redefinida, cada vez con mayor detalle, hasta que la especificación completa es lo suficientemente detallada para validar el modelo.

RESUMEN

Las empresas de transporte aéreo administran diversas filosofías de mantenimiento para sus respectivas flotas, optimizando los tiempos y costos de operación de cada operador, sin embargo, los programas de confiabilidad se rigen por el sistema ATA 100 de la aeronave, por lo cual es importante resaltar la importancia de tener una filosofía de mantenimiento adecuada, que genere buenos resultados en el desempeño de la productividad de la flota de una compañía, creando un impacto positivo en las tareas de mantenimiento que se lleven a cabo en las aeronaves.

La empresa LAS (Líneas Aéreas Suramericanas), presenta la necesidad de actualizar su programa de confiabilidad, debido a diferentes situaciones que afectan la operación de su flota.

En tanto que para el proceso de generar una propuesta de mejora al programa de confiabilidad que aplica la filosofía MSG-2, inicialmente se lleva a cabo la recopilación de los registros históricos de los componentes para este proyecto, seguido a esta recopilación de datos, se toman los registros de las remociones no programadas, de igual forma, se recopilan los datos de los componentes que mas recurrentemente presentaron fallos , ahora bien posteriormente se procede con el análisis de esta información recolectada.

Dentro del análisis se revisan los intervalos de cada servicio, y de igual modo las tareas establecidas en el programa de confiabilidad el cual aplica la filosofía MSG-2, en los cuales se toman los componentes *On Condition*, para realizar la selección de aquellos que mas presentaron inconvenientes en su funcionamiento, y de igual manera requirieron su remoción o reparación.

Analizando esta información recopilada, se procede a comparar bajo las exigencias de la nueva filosofía MSG-3, permitiendo establecer las nuevas tareas y acciones a realizar en el programa de confiabilidad de la compañía, y dejarlas consignadas como una propuesta para la empresa para que sea quien decida si la implementará o no, también se realizará un análisis financiero los beneficios económicos que se obtienen con la aplicación del nuevo programa de confiabilidad.

INTRODUCCIÓN

Esta propuesta de mejora está orientada hacia la migración del programa de confiabilidad basado en la filosofía MSG-2 centrado en confiabilidad, para la empresa de transporte aéreo de carga LAS (Líneas Aéreas Suramericanas), para llevar a cabo este proyecto, se requiere la aplicación de conceptos de confiabilidad de componentes, y de igual modo algunos conocimientos matemáticos básicos para el desarrollo de esta actualización en la filosofía MSG-2.

Inicialmente en este proyecto se definirán lineamientos metodológicos determinados para elaborar y proponer una migración del programa de confiabilidad de la filosofía MSG-2, dentro de una empresa de transporte aéreo de carga. Por otra parte será soporte guía a manera de manual que respecta a lo que es la organización y/o control del programa de confiabilidad aplicando la actualización denominada; filosofía MSG-3, utilizando el programa (MSG *Maintenance Program*) diseñado para analizar las fallas recurrentes en los componentes, permitiendo identificar de manera más precisa el origen de la falla, ayudando a controlar y organizar el historial de fallas de toda la flota Boeing 727 de la compañía.

Con la comparación de las tareas de los programas MSG-2 y MSG-3, permitirán establecer unos parámetros específicos para proceder con la migración de una filosofía a otra, de las cuales se tomarán las tareas y tiempos de los servicios de cada una de ellas, para cumplir con el objetivo de disminuir los costos de operación de la flota, ya que enfocándose en cambiar la configuración de los servicios de mantenimiento, y analizando manera de como se procesa una falla en un componente con el árbol lógico de decisión con cada una de las filosofías, permitirán proceder con la revisión de los costos relacionados con el mantenimiento, que influyen directamente en los costos de operación de la flota de la compañía. Dentro de los cuales se identifican los costes de mano de obra como

el criterio base para realizar la propuesta de mejora, que permitirá migrar de la filosofía MSG-2 a la MSG-3, ya que con esto se lograra determinar la tasa en la que se reducen los precios de operación y cuanto se ahorra en el programa de confiabilidad con la migración del mismo.

Se debe tener en cuenta que este tipo de programas se encuentran regulados por la entidad regulatoria de la Aeronáutica Civil en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC) parte IV “Aeronavegabilidad”, y también se encuentra establecido dentro de la circular informativa emitida por el Grupo de Inspección de Aeronavegabilidad “5103-082-17 Programas de Confiabilidad” y de igual manera en la circular informativa, “5103-082-09 Sistema Continuo de Análisis y Vigilancia”.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

Se tendrán en cuenta tanto la historia de los programas de análisis de confiabilidad tomando como base algunos proyectos desarrollados en la Universidad de San Buenaventura:

López Zarabanda César Hernando, Salas Galindo Omar Leonardo, Torres Ardila Juan Carlos, Urrea Quiroga Germán. **“Elaboración de un programa de mantenimiento basado en la filosofía MSG-3 que permita la optimización de los procesos de mantenimiento aplicados a la flota MD-83 de Avianca S.A.” .2002.** En este trabajo se realizó un nuevo programa de mantenimiento para la flota MD-83, aplicando un análisis metodológico basado en la moderna filosofía de mantenimiento (MSG-3), a los componentes que mas presentaron problemas durante la operación de las aeronaves, lo cual permitió establecer un servicio de transición entre al anterior y el nuevo programa, luego se procedió a demostrar mediante un análisis financiero los beneficios económicos, obtenidos con la implementación del nuevo programa de mantenimiento.

Plazas Ortega Wilber Javier, **Diseño e implementación de un programa de confiabilidad de componentes para la empresa aérea de servicios y facilitación logística EasyFly. Diciembre 2011.** El presente trabajo trata sobre el diseño y la implementación de un programa de confiabilidad de componentes para EASYFLY (Empresa aérea comercial que busca continuamente la optimización en el cumplimiento de sus itinerarios). El programa de confiabilidad de componentes permite realizar el seguimiento de las fallas de los componentes y la identificación de los modos de falla para cada componente, al igual que establecer los límites de control superior (UCL). Adicional, con el Programa de Confiabilidad de Componentes, se determinan

tiempos de remociones programadas para llevar a cabo análisis de los componentes instalados en las aeronaves a fin de establecer los tiempos de vida útil del componente. Con el desarrollo del proyecto, se pudo establecer un análisis más detallado de las fallas encontradas para los componentes, determinando así, tiempos de remociones programados para cada uno de ellos y posteriormente la evaluación la condición del componente, asegurando la aeronavegabilidad del mismo. De igual forma pudieron ser establecidos los límites de control superior, el cual permite conocer la rata de remociones no programadas en la flota. Adicional a lo anterior, el Programa de Confiabilidad de Componentes permite conocer el tiempo para cada componente en las aeronaves, logrando la identificación de la vida útil del componente.

Ramírez Manchola Yezid Camilo, **Análisis de Confiabilidad de la Flota de Aeronaves de la Escuela de Aviación del Pacífico.**Junio 25 de 2012. El presente trabajo describe el análisis de confiabilidad realizado a la flota de 6 aeronaves de la Escuela de Aviación del Pacífico ubicada en la ciudad de Cali, dos de ellas tipo Piper PA-28 y 4 aeronaves tipo Cessna152. En el análisis se realiza un proceso para la identificación de las fallas, análisis de riesgos en la operación, análisis de la disponibilidad y operación de las aeronaves y por último el análisis causa-raíz de los fallos presentados para establecer el origen de las fallas. Se logró evaluar y mejorar las fallas de los sistemas y componentes, el análisis permitió identificar aquellos fallos que afectan la seguridad, se recomendaron diferentes tareas de mantenimiento ajustadas a cada aeronave. Se realizó un análisis de los riesgos generados por la ocurrencia de las fallas y se evaluó su criticidad, recomendando al operador tomar medidas de mantenimiento preventivo.

Se usará el Boeing 727 Maintenance Manual's, también un seguimiento a los reportes internos de mantenimiento, de igual manera se utilizarán los manuales de las plantas motrices, y la información del Boeing, Maintenance support engineeringseminar.

1.2 DESCRIPCIÓN

La compañía de servicios LAS desde su creación se ha caracterizado por estar siempre a la vanguardia de la aviación en Colombia modernizando constantemente su flota de aeronaves, por esta razón desde hace algunos años ha ido adquiriendo aeronaves tipo Boeing 727, las cuales han demostrado excelente desempeño y seguridad; pese a sus sobresalientes características de operación, se ha presentado una desactualización en la filosofía aplicada al programa de confiabilidad, lo que ha generado un significativo aumento en los costos del mismo y en la operación de las aeronaves. Debido a la aplicación de esta metodología antigua y de baja eficiencia, se presentó un manejo inapropiado de las acciones de conservación de las aeronaves de la compañía.

Esta problemática hace que la compañía LAS, desaproveche las metodologías actuales que ofrece la industria en materia de mantenimiento, causando un gasto innecesario en el capital en procedimientos y acciones de baja eficiencia descartadas por la mayoría de compañías a nivel mundial; a causa de ésta situación se hace evidente el requerimiento de nuevos programas de confiabilidad basados en nuevas metodologías y estudios de confiabilidad, que permitan una mejora del programa actual. Este programa al ser implementado por la compañía, permitirá reducir los costos generados por los procedimientos de preservación, al igual que la reducción del tiempo que las aeronaves permanecen en tierra, elevando el tiempo de operación y beneficiando considerablemente la compañía.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el impacto generado por la mejora en el programa de confiabilidad en los costos de operación de mano de obra, en la empresa Líneas Aéreas Suramericanas (LAS)?

1.4 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como fin proponer una modificación al programa de confiabilidad de la flota Boeing 727 de la compañía LAS, realizando una revisión de los historiales de confiabilidad para identificar los componentes que más presentan fallos, como un proceso que contribuya al mejoramiento de los programas aplicados dentro de la compañía LAS, y hacer partícipe este programa dentro de las tareas de taller, a su vez tomando acciones preventivas para la aparición de fallas dentro de la operación de la flota. Además de esta forma se le brindaría al lector una manera más amplia de conocer el campo de la confiabilidad en el mantenimiento y las ventajas que trae la aplicación de nuevas filosofías como la MSG-3.

Dentro de los muchos beneficios que trae consigo la migración a la filosofía MSG-3 para las aeronaves de la compañía LAS se encuentra: la identificación de los posibles modos de falla, para así tomar las acciones correctivas y preventivas necesarias para evitar la ocurrencia de la misma falla en un tiempo futuro, centrándose en la prevención de las fallas dentro de los Sistemas ATA de las aeronaves Boeing 727 de LAS.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una modificación al programa de mantenimiento de la Flota Boeing en la compañía (LAS).

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los criterios exigidos por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil para Colombia, en un programa de confiabilidad de componentes.
- Identificar los procedimientos actuales seguidos del plan de mantenimiento de la flota como marco de referencia para la actualización del programa de mantenimiento
- Realizar un análisis metodológico de la filosofía (MSG-3) a los componentes que más han presentado fallos durante la operación de las aeronaves.
- Comprobar mediante un análisis financiero la reducción de los costos de mano de obra, que se obtienen con la aplicación del nuevo programa de mantenimiento.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

1.1.1. Alcances

- Se tomarán las cuatro categorías generales de un programa de confiabilidad de un operador: Sistemas/componentes, Plantas Motrices/componentes, Chequeos e inspecciones de Aeronave/Motor, Inspección Estructural/Overhaul, las cuales permitirán hacer una evaluación de las desventajas de la filosofía MSG-2, para proceder con la elaboración de la propuesta de mejora que permita la migración al nuevo sistema MSG-3, el cual al ser terminada su elaboración, será entregado a la empresa para su implementación.
- Se involucra los siguientes aspectos: primero el análisis de confiabilidad de los 10 componentes que más han presentado fallas, segundo la revisión del historial de los procedimientos realizados a éstos durante el periodo de tres años, tercero revisión de la información de costos y gastos, y por último un estudio de los balances entregados a la vicepresidencia de la compañía realizando una revisión minuciosa que permita la migración a la filosofía (MSG-3) del programa de confiabilidad actual de las Aeronaves Boeing 727.
- Se genera un documento en el cual se aportará un listado de propuestas de tareas de mejora al programa de mantenimiento, la cual estará a discreción de la empresa si se implementara o no.

1.1.2. Limitaciones

- La población de muestra son 2 aeronaves de la Flota Boeing 727 de la empresa (LAS); para realizar el análisis de los componentes que mas presenten fallos, y así permitir la mejora y migración del programa de confiabilidad a la nueva filosofía (MSG-3), para que la empresa lo aplique a las demás aeronaves de la flota.
- El proyecto se limita a la elaboración de una propuesta para modificar el programa de confiabilidad basado en el análisis de este mismo en los 10 componentes que más presentan fallos, consignándose los componentes *On-condition*, si se realiza para todos los componentes, el tiempo de elaboración del proyecto se extendería considerablemente excediendo la fecha límite para la entrega de resultados.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. MARCO CONCEPTUAL

El término **confiabilidad** se ha usado en diversas aplicaciones, legales, sociales, computacionales, industriales, etc. Y al igual que otros conceptos, debido a su utilización en diversos campos es difícil dar una definición de confiabilidad que satisfaga a todas las áreas.

En este trabajo se usa el término castellano de “confiabilidad” como equivalente al término anglosajón “Dependability”, y adoptaremos la siguiente definición de confiabilidad:

“Es la capacidad de entregar un servicio en el que se puede confiar justificadamente”¹

La característica de que un sistema sea confiable o no, depende de muchas cosas, ¿Cómo entrega el servicio?, ¿En qué tiempo lo hace?, ¿Cuánto tiempo lo hace?, ¿Cuándo lo entrega?, ¿Está disponible todo el tiempo?, ¿Qué tan seguro es el proceso? y de algunas otras. La confiabilidad permite modelar y comprender el desempeño de un sistema, evaluar sus componentes (entradas, salidas y partes internas) y servir de base para decisiones preventivas, correctivas, de inversión y de automatización.

Algirdas Avizienis, asocia el término confiabilidad a tres factores: las amenazas de la confiabilidad, los medios para aumentarla y los atributos de esta. Por ello es un término colectivo usado para describir la disponibilidad, utilidad, eficacia, desempeño y sus factores de influencia: desempeño de fidelidad, desempeño de mantenimiento y el desempeño del soporte de mantenimiento.

¹[Avizienis, 2001].

2.1.1. Medios para aumentar la confiabilidad

Existen diversos medios para aumentar la confiabilidad, estos buscan evitar y prevenir las amenazas y cuando no es posible buscan controlar dicha situación y en algunos casos se examina que el proceso siga funcionando, aunque esto afecte su desempeño y acorte su vida.

Los medios para aumentar la confiabilidad se dividen en²:

- **Prevención de Fallas:** Busca prevenir la ocurrencia o introducción de fallas y se obtiene mediante técnicas de control de calidad empleadas durante el proceso de diseño y manufactura del hardware y software.
- **Tolerancia a Fallas:** Busca que el proceso dé un servicio correcto aun en presencia de fallas y se implementa generalmente mediante la detección de errores y sistemas subsecuentes de recuperación.
- **Eliminación de Fallas:** Trata de reducir el número o severidad de las fallas y se realiza durante la fase de desarrollo del sistema y durante su vida de operación útil.
- **Predicción de Fallas:** Trata de estimar el número de fallas presentes, la incidencia futura y las probables consecuencias de estas. Realiza una valoración de la conducta del sistema cuando ocurre o se activa una falla.

²[Avizienis, 2001].

2.1.2. Amenazas de la confiabilidad

La confiabilidad de un sistema o proceso se amenaza por diversas causas que provocan una situación anormal dentro del sistema, un funcionamiento fuera de lo previsto o un caso que nunca se había presentado.

Las amenazas de la confiabilidad se dividen en³:

- Falla (Fault): Es la causa adjudicada de un error. Es una falla activa si se produce un error e inactiva si no se produce.
- Error (Error): Es un estado del sistema que puede causar una subsecuente avería.
- Avería (Failure): es un evento que ocurre cuando el servicio entregado se desvía del servicio correcto.

2.1.3. Fallas en Componentes y sus Consecuencias

Cuando falla un componente, un subsistema o un sistema de una planta automatizada a menudo no se tienen detectados los efectos sobre otros componentes si las acciones remediales no se toman después de que ocurre una falla.

Las funciones de cerrar (Shut-Down) y colocación (Interlocks) se usan para prevenir que las fallas se expandan de un subsistema a otro. El uso de estas funciones tiene, sin embargo, la consecuencia de que la disponibilidad de la planta

³[Avizienis, 2001] y [Paoli, 2003].

se afecta algunas veces sin alguna razón. El mayor grado de automatización de los sistemas, es la causa principal del aumento de la vulnerabilidad a fallas simples, particularmente en sensores y actuadores⁴. La intención de este trabajo de tesis es obtener confiabilidad dando a los componentes genéricos o a los subsistemas la capacidad para detectar y localizar fallas, y para reaccionar con acciones que acomoden el sistema de control para la falla.

⁴[Blanke, 1999].

3. MARCO TEÓRICO

La primera generación formal de programas de confiabilidad fueron creados bajo la creencia de que cada parte debía ser desensamblada e inspeccionada periódicamente, se establecieron límites de tiempo para servicios, inspecciones y pruebas en la que la aeronave completa era desensamblada, revisada y re ensamblada, en un esfuerzo por mantener el más alto nivel de seguridad. Este es el origen del primer punto primario de mantenimiento denominado “Vida limite”.

Luego se desarrollo el segundo proceso primario de mantenimiento conocido bajo el término “on condición”. El cual es asignado a componentes en que la determinación de su aeronavegabilidad puede hacerse por medio de inspecciones visuales, mediciones, pruebas u otros medios sin necesidad de desensambles o revisiones mayores. Este nuevo método fue llamado control de confiabilidad porque su mayor énfasis fue encaminado a mantener los niveles de falla debajo de un valor predeterminado, como por ejemplo, un nivel de confiabilidad aceptable. La naturaleza analítica de este método revelo y enfatizo la existencia de componentes y sistemas que no respondían a los procesos de vida límite y a condición.

Esto condujo a un tercer proceso primario de mantenimiento donde se requieren inspecciones o servicios para determinar la integridad y funcionamiento de los sistemas y de las partes. Sin embargo se monitorea y analiza el desempeño mecánico por componente sin prescribir limites o acciones mandatorios. Este tercer proceso primario de mantenimiento se denomina “monitoreo de condiciones”, el monitoreo de condiciones es tan eficaz que es capaz de modificar los intervalos de componentes de los otros procesos primarios de mantenimiento. Esto dio como resultado la filosofía de mantenimiento **MSG-2**. En ellos, los fabricantes proporcionan grupos de componentes sujetos a vida límite e

inspecciones con márgenes de seguridad para proporcionar el mantenimiento mínimo sin necesidad de aplicar un control de confiabilidad estricto. Por lo tanto este último ha sido tradicionalmente opcional ocasionando que muchos componentes sean reemplazados solamente al fallar.

El programa por monitoreo de condiciones a nivel de componentes se volvió difícil de manejar debido a que se requerían muchas partes para ser rastreadas individualmente, lo que ocasiono problemas en las aeronaves ya que se perdía visibilidad en las partes por infinidad de causas. Con los antiguos programas de confiabilidad por monitoreo de condición se hacía difícil reconocer los problemas de una sola aeronave o de la flota en conjunto, de un solo componente o de todos los componentes de su especie incluso los problemas operacionales por capacitación de pilotos, esto dio origen a la filosofía de mantenimiento denominado **MSG-3** orientado a tareas, cuyo sistema de análisis de confiabilidad es principalmente a nivel de sistemas, aeronave y flota, aunque también lo hace a nivel componente cuando los casos lo ameriten.

La propuesta de mejora al programa de confiabilidad que sigue la filosofía **MSG-2**, se basa en aquellos datos recolectados mediante los reportes que se generan durante la operación de la flota, los cuales se revisan y analizan minuciosamente para identificar aquellos componentes que presentan fallas con mayor regularidad, una vez identificando en cuales sistemas ATA están ubicados estos componentes, se descomponen en MSI (*Maintenance significant item*), y en seguida se procede a evaluarlos con el árbol lógico de decisión de la filosofía **MSG-3**, aplicando el programa (*MSG Maintenance Program*) que permitirá seleccionar las tareas más indicadas para procesar la falla analizada, y así lograr un control y manejo adecuado de la información de las fallas de toda la flota de aeronaves de la compañía.

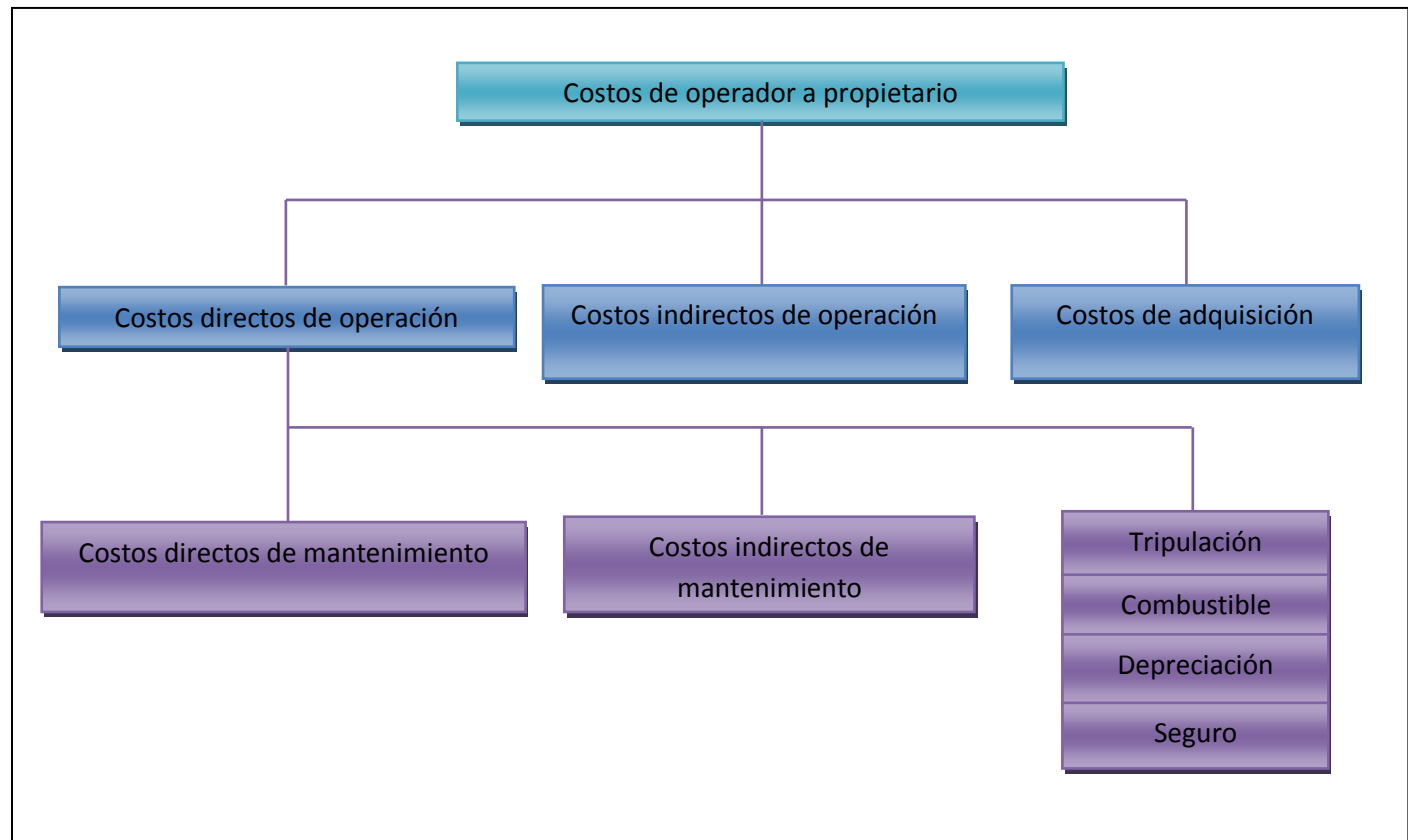
Además de revisar el historial de las fallas en los componentes, y su procesamiento con el programa diseñado, también se realizará un análisis financiero para demostrar la reducción los costos de operación, de la Flota de Aeronaves Boeing 727 de la compañía LAS (Líneas Aéreas Suramericanas). Para esto se enfocará este análisis financiero en los costos de mano de obra, los cuales influyen directamente en la reducción o incremento de los costes del mantenimiento, y por lo tanto en los costos de operación de las aeronaves en la compañía y demostrar con los resultados los beneficios de la migración del programa de confiabilidad actual a la filosofía **MSG-3**.

3.1. Costos de operar una aeronave

Los costos del propietario o el operador de una aeronave se componen de muchos elementos, los cuales pueden ser divididos en tres principales categorías; costos de adquisición. Costos de operación directos y costos de operación indirectos; de los cuales los costos de operación son normalmente los más altos y requieren de gran control.

Los costos de operación están agrupados a su vez en seis categorías: seguros, depreciados. Combustibles, tripulación y costos directos e indirectos de mantenimiento. Los costos de mantenimiento son los más altos de los seis

Debido a muchas variaciones en las organizaciones de mantenimiento los costos indirectos tienen un alto grado de variación, contrario, a los costos directos de mantenimiento que pueden ser observados de una manera más sistemática y, por tanto más controlable.



Fuente Boeing. Maintenance support engineering seminar

Figura 1. Organigrama costos directos de operador

4. METODO DE MANTENIMIENTO MSG (*Maintenance Steering Group*) INICIAL

Los requerimientos de mantenimiento y la cooperación con los fabricantes generaron la filosofía original de mantenimiento aeronáutico, que consistía en la reparación de los componentes o sistemas a un intervalo específico sin importar su condición. Sin embargo, un método más sofisticado para el desarrollo del mantenimiento empezó a ser necesario a medida que la tecnología de los aviones evolucionara a niveles altos de complejidad, exigiendo la creación de un grupo dedicado a evaluar los procedimientos del mantenimiento, el cual se llamo MSG, de igual forma el grupo MSG planteo metodologías que permitieron el desarrollo del mantenimiento de acuerdo a los adelantos tecnológicos, denominados MSG-2 y MSG-3.

4.1 Método MSG-2 (Orientada a los procesos)

Esta filosofía está basada en la teoría que “Todas las aeronaves y sus componentes llegan a un punto de su vida en el cual deben ser reparados o retornados a la condición de tiempo cero”. Para determinar el punto de reparación el grupo MSG creó tres procesos de control

- **Hard time:** Máximo intervalo para desarrollar una tarea de mantenimiento a sistemas reparables y a componentes que tienen vida límite entre restauraciones.
- **OnCondition:** Requiere de inspecciones o pruebas repetitivas para determinar la condición de unidades o sistemas de la aeronave. Este proceso de mantenimiento es usualmente aplicado a sistemas, estructuras y en gran parte a los motores.

- **Condition Monitoring:** Se aplica a sistemas que no tienen definido un proceso de mantenimiento. Consiste básicamente en el monitoreo de la condición de un equipo con los medios apropiados para encontrar y resolver problemas.

El grupo MSG desarrollo un método para encontrar el tipo de proceso de control conveniente a utilizar en cada uno de los sistemas y componentes de una aeronave, con el fin de determinar el contenido de sus programas de mantenimiento. El método MSG-2 emplea un procedimiento de decisión que aplica a cada sistema sus componentes significativos, este se constituye en la base del proceso de evaluación, junto con los datos técnicos que suministra el fabricante principalmente. Las evaluaciones están basadas en las funciones de los sistemas o componentes y sus modos de falla. El propósito es:

- Identificar el sistema y sus componentes significativos
- Identificar sus funciones, modo de fallo confiabilidad de fallo
- Definir el mantenimiento programado, tareas que tienen una efectividad potencial para el control de la confiabilidad operacional.
- Evaluar la conveniencia de la programación de las tareas que tienen efectividad potencial.

Existe una diferencia entre la efectividad potencial de una tarea y la conveniencia de incluirla en el programa de mantenimiento. La siguiente imagen plantea un camino por el cual se puede realizar un juicio final a las tareas potencialmente efectivas, dignas de incluir en un programa de confiabilidad para una aeronave nueva. El modo se plasma en un diagrama de flujo llamado “Diagrama de decisión de árbol”. Este diagrama facilita la selección de una tarea de confiabilidad aplicable a un componente de la aeronave, respondiendo cinco preguntas claves. (Véase Figura 2).

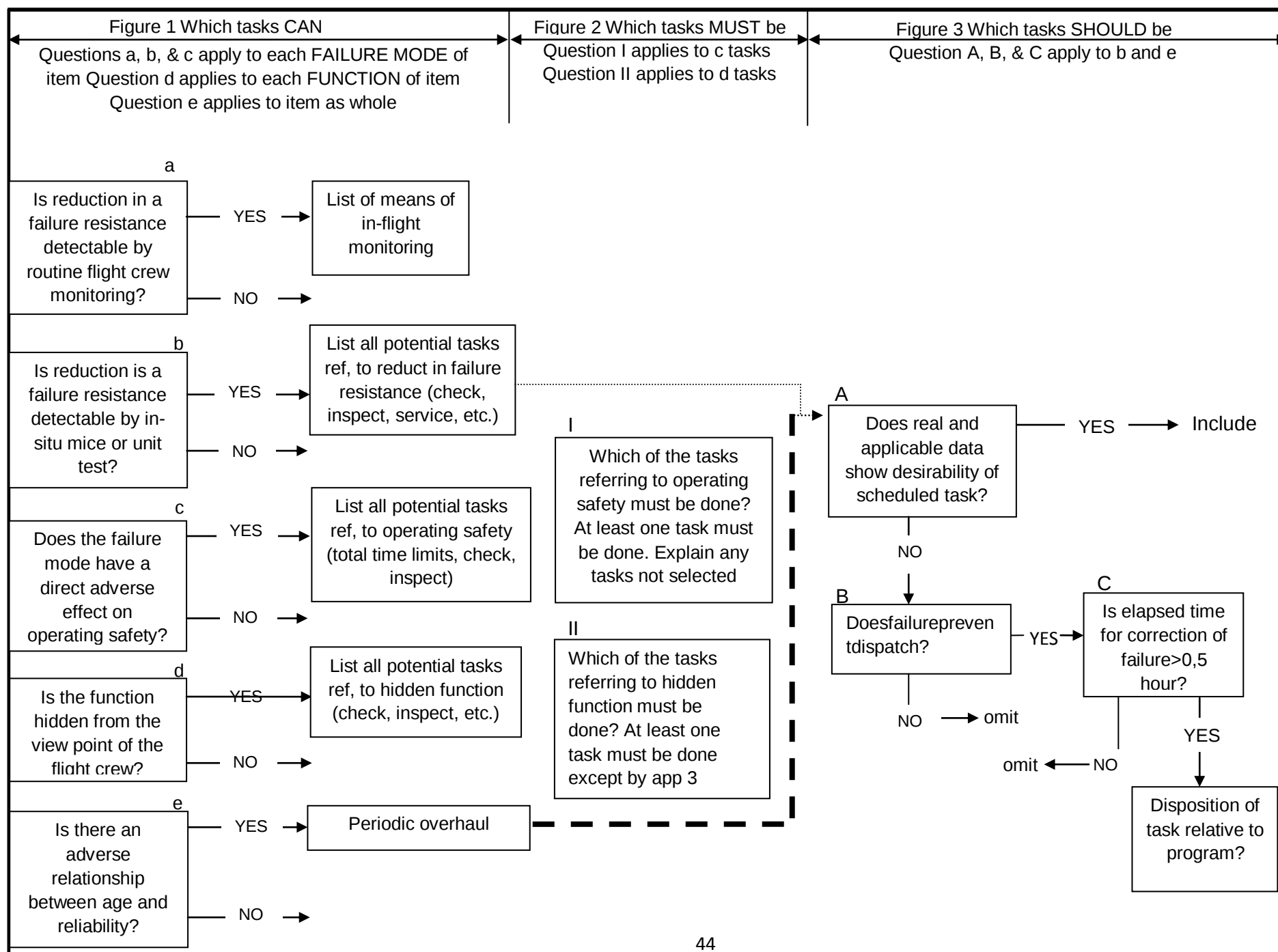


Figura 2. Diagrama de análisis del método MSG-2Fuente Boeing Maintenance support engineering seminar

4.2 OBJETIVOS DEL PROGRAMA MSG-3

Donde el RCM (*Reliability Centered Maintenance*) es la filosofía y el MSG-3 es la metodología utilizada para ejecutar la filosofía, los cuales tienen como objetivo:

- Mejorar la fiabilidad y disponibilidad Aviones
- Maximizar las tasas de MC (*Mission Capable*)
- Minimizar NMCS (*Non Mission Capable Supply*) y tarifas NMCM (*Non Mission Capable Maintenance*).
- Reducir los costos
- Eliminar las tareas de confiabilidad innecesarios
- Ampliar el intervalo(s) de las tareas de confiabilidad
- Mejorar la eficiencia de las tareas de mantenimiento (estandariza el trabajo)
- Garantizar la seguridad operacional, idoneidad y Eficacia disponible de las Operaciones Inteligentes y Condiciones Basadas en el Mantenimiento.

ACTUAL (ATRASADO)		MSG-3 (PRINCIPAL)
Manejo de Partes: Reaccionar en caso de fallo de las partes	VS	Manejo de sistemas: Vigilar cada aeronave por el grado de degradación
Decisión cambios lógicos por ingeniero y por situación	VS	Lógica de decisión estructurada probada utilizada por todos los ingenieros
Tareas de mantenimiento construida para cada intervalo independiente de la tarea contenida en otros intervalos	VS	Tareas de mantenimiento jerárquicos: intervalos de nivel superior que cumplan los requisitos de los intervalos de nivel inferior
revisión y aprobación del programa de mantenimiento basado en el campo o mantenimiento PDM	VS	Opinión empresarial y la aprobación de un solo equipo responsable de todo el programa de mantenimiento (tanto de campo como PDM)
Planificación Amplia de Flota: Las inspecciones y revisiones se aplican con mayor frecuencia a través de toda la flota	VS	Rendimiento Basado Planificación: Cada cola se controla y los requisitos de mantenimiento específico para cada una

Tabla 1. Método MSG3

4.3 BENEFICIOS

- Maximiza la disponibilidad de las aeronaves
 - Principio fundamental del Plan de Mejora de la disponibilidad Aeronaves (AAIP)
 - Garantías de seguridad y fiabilidad inherentes
 - Garantiza la seguridad operacional
 - Reduce Costos/anulación de costo
 - Crea la credibilidad del programa y da confianza mediante la participación de todos los interesados
 - Integra todos los niveles de actividad de mantenimiento
- Asegura que todas las áreas de la aeronave están cubiertas completamente y tener el nivel adecuado de inspección

4.3.1 Método MSG-3 (orientada a las tareas): en 1978, con el concepto de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM (*Reliability Centered Maintenance*) y los años de experiencia con el MSG-2, se redefinió el proceso lógico con el cual se eligen las tareas de un programa de mantenimiento. Los procesos de control utilizados en el método MSG-2 se expandieron a tareas de servicio. Y tareas tendientes a la búsqueda de fallas ocultas. Se dividió el proceso **Hard time** en tareas de trabajo y tareas de descarte programado.

El método MSG-3 no utiliza procesos de control para el desarrollo de confiabilidad sino que basa sus procedimientos en tareas de mantenimiento, las cuales se dividen en dos grupos:

- Tareas concernientes al mantenimiento programado:
 - ✓ Lubricación o tareas de servicio
 - ✓ Chequeos operacionales o visuales
 - ✓ Inspecciones funcionales
 - ✓ Tareas de descarte

- Tareas de mantenimiento no programado (Adición tareas):
 - ✓ Rectificación como resultado del mantenimiento programado
 - ✓ Rectificación como resultado del mal funcionamiento o reportes en servicio
 - ✓ Daños accidentales
 - ✓ Modificación a los programas de mantenimiento
 - ✓ Directivas de aeronavegabilidad

- Para promocionar una genuina retención del nivel inherente de confiabilidad, seguridad de diseño y sus beneficios económicos, se requiere un análisis extremadamente cuidadoso. Esta rigurosa evaluación es llevada a cabo a través del método MSG-3

La lógica MSG-3 requiere que cuando un efecto de seguridad este siendo analizado, todas las posibles vías son exploradas para prevenir la falla. Estos pueden resultar en una combinación de procesos que son usados para proteger al sistema de falla.

El uso del análisis MSG-3 no resulta en tareas de **Condition monitoring** para componentes que no requieren tareas de mantenimiento. Los programadores de confiabilidad son requeridos por las autoridades para proveer datos que soporten el nivel existente de las actividades de mantenimiento y soporte de las tareas de mantenimiento programadas

El análisis MSG-3 está dividido en tres secciones:

- Sistemas y motores, incluye componentes APU
- Estructuras del avión
- Inspección zonal

Cada sección contiene su propio material de explicación y su diagrama de decisión lógico, por tanto, cada una de estas tres secciones debe ser utilizada independientemente.

Antes de aplicar la lógica MSG-3 a cualquier componente o sistema de una aeronave, es necesario identificar un MSI (*Maintenance Significant Item*). El proceso para la identificación de un MSI (*Maintenance Significant Item*) requiere un juicio ingenieril, basado en las consecuencias de falla.

Los MSI (*Maintenance Significant Item*) son sistemas, subsistemas o componentes identificados por el fabricante, cuyas fallas son:

- Podrían afectar la seguridad en vuelo o en tierra.
- Podrían ser indetectables o no son detectables durante la operación
- Podrían tener un significativo impacto en la operación
- Podrían tener un significativo impacto en la economía

Un proceso aceptable para elegir un MSI es el siguiente:

- a. Dividir la aeronave en áreas mayores: sistema y subsistema ATA
- b. Continuar la división hasta encontrar los componentes
- c. Un candidato a MSI (*Maintenance Significant Item*) es usualmente un sistema o subsistema; en la mayoría de los casos es el que está un nivel por encima del identificado en el paso b.

- **Procedimiento de análisis de tareas MSG 3:**

Antes de aplicar el análisis MSG-3 a un MSI (*Maintenance Significant Item*), se deben realizar formatos preliminares en los que se define claramente: el MSI, sus funciones, fallos funcionales, efectos de las fallas, causas de las fallas y datos adicionales pertenecientes al componente como son: Capítulo ATA, aplicabilidad, parte número, breve descripción del componente o sistema, tasa de falla esperada, funciones ocultas, requerimientos del MEL, redundancia, etc.; (Formatos incluidos en el anexo B). Estos formatos deben ser diseñados para conocer los requerimientos del usuario y se deben incluir como una parte integral de la documentación final del análisis MSG-3 que se le realiza a un MSI.

El diagrama lógico utilizado para el análisis de sistemas y motores (Véase Figura 3) es diseñado para que el usuario comience a analizar desde la parte superior y responda, SI o NO, a las preguntas formuladas en él.

4.4 DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE MÉTODO MSG-3

Nivel 1

(Preguntas 1, 2, 3 y 4), requieren la evaluación de cada fallo funcional para determinar la categoría del efecto de fallo.

Nivel 2

(Preguntas 5, 6, 7, 8 y 9, desde A hasta F, como sea aplicable), tiene en cuenta las causas de la falla para cada fallo funcional para la selección de las tareas en las categorías de efectos de seguridad para la selección de las tarea(s) de mantenimiento específica(s). En este nivel la selección de tareas en las categorías de efectos de seguridad (preguntas 5 y 8) puede existir una o más respuestas

afirmativas; mientras que en las otras categorías (Preguntas 6, 7 y 9) una sola respuesta afirmativa servirá para concluir el análisis.

En las categorías que no tienen efectos de seguridad (Preguntas 6, 7 y 9) si se carece de información para dar una respuesta, SI o NO, se debe escoger NO y analizar la siguiente pregunta, la cual en la mayoría de los casos provee de una tarea más conservativa, rigurosa y costosa.

Este procedimiento requiere la consideración de las fallas funcionales, los efectos de las fallas, y por último la aplicabilidad y efectividad de cada tarea. Cada falla funcional es procesada a través de la lógica que la dirigirá hacia una de las cinco categorías de efecto falla.

- **Primer nivel de análisis efectos de las fallas.** El diagrama de decisión lógica facilita la identificación de las tareas requeridas. Las primeras cuatro preguntas son:

PREGUNTA 1:

¹ ¿Es la ocurrencia de un fallo funcional evidente a la tripulación durante el cumplimiento normal de sus deberes?

Esta pregunta debe ser formulada a cada fallo funcional e intenta segregar los fallos ocultos y evidentes. La tripulación de vuelo consiste en personal calificado en cabinas y auxiliares de vuelo que cumple un deber. Los deberes normales son aquellos asociados con la operación rutinaria de la aeronave.

Una respuesta “**SI**” indica que la falla funcional es evidente, guiando el análisis a la pregunta numero 2; una respuesta “**NO**” indica que la falla funcional es oculta. Guiando el análisis a la pregunta número 3.

PREGUNTA 2:

² ¿El fallo funcional o un diseño secundario generado por este, tiene un efecto adverso directo en la seguridad de la operación?

Un “**SI**” indica que el fallo funcional debe tener un efecto adverso directo en la seguridad de la operación.

Directo: Para que el fallo funcional o un daño secundario generado por este sea directo debe ocasionar un daño por sí solo, no como resultado de la combinación con otro fallo funcional (no existe la redundancia y es un componente primario de despacho para la operación).

- **Efecto adverso en la seguridad:** Esto implica que las consecuencias son extremadamente serias o posiblemente catastróficas y deben causar la pérdida de la aeronave o daño a sus ocupantes.

Operación: Esta definida como el intervalo de tiempo durante el cual los pasajeros y la tripulación están a bordo de la aeronave para realizar un vuelo.

Una respuesta “**SI**” indica que el efecto del fallo funcional debe ser tratado dentro de la categoría de efectos de seguridad (Categoría cinco). Una respuesta “**NO**”, indica que el efecto podrá ser económico u operacional, por lo tanto se debe seguir con la pregunta número cuatro.

PREGUNTA 3.

³ ¿La combinación del fallo funcional oculto y un fallo adicional de un sistema relacionado o redundante, tiene un efecto adverso directo en la seguridad de la operación?

Esta pregunta debe ser formulada para cada fallo funcional oculto, que ha sido identificado en la pregunta número 1.

Esta pregunta tiene en cuenta fallas en las cuales la pérdida de una función oculta no afectan la seguridad por sí misma, sin embargo, con la combinación de una falla funcional adicional tiene un efecto adverso en la seguridad de la operación. Para sistemas, equipos de emergencia o de operación, la falla adicional es la pérdida de la función para la cual el sistema o equipo fue diseñado. Una respuesta **“SI”** indica que el efecto del fallo funcional debe ser tratado dentro de la categoría de efectos de seguridad (Categoría ocho). Un **“NO”**, indica que el efecto del fallo debe ser tratado en la categoría efectos que no afectan la seguridad (Categoría nueve)

PREGUNTA 4:

⁴ ¿El fallo funcional tiene un efecto adverso directo en la capacidad de la operación?

Esta pregunta se formula para cada fallo funcional que no tiene un efecto adverso directo en la seguridad. La respuesta debe depender del tipo de operación.

Un **“SI”** en la respuesta, indica que el efecto de la falla funcional debe ser tratado dentro de la categoría de efectos operacionales (Categoría seis). Un **“NO”**, indica que el efecto del fallo debe ser tratado en la categoría de efectos económicos (Categoría siete).

- **Efectos evidentes en la seguridad (Categoría 5).** Esta categoría debe ser apoyada con la comprensión de la tarea que se requiere para garantizar la seguridad. Todas las preguntas de esta categoría deben ser formuladas. Si no resulta una tarea efectiva de este análisis el rediseño es mandatorio.
- **Efectos operacionales evidentes (Categoría 6).** Una(s) tarea(s) deseables es la que reduce el riesgo de las fallas a un nivel aceptable. El análisis de la causa del fallo a través de la lógica (Véase figura 3) requiere que la primera pregunta (6A) sea contestada. Cualquier respuesta, SI o NO, requiere pasar al siguiente nivel de esta categoría, un “**SI**” debe satisfacer los requerimientos. Si todas las respuestas son “**NO**” entonces no se genera ninguna tarea. En tal caso, se recomienda rediseño.
- **Efectos económicos evidentes (Categoría 7).** La tarea es deseable si el costo de la misma es menor que el costo de la reparación. El análisis de la causa del fallo a través de la lógica (Véase figura 3) requiere que la primera pregunta (7A) sea contestada. Cualquier respuesta, SI o NO, requiere pasar al siguiente nivel de esta categoría; un “**SI**” debe satisfacer los requerimientos. Si todas las respuestas son “**NO**” entonces no se genera ninguna tarea. En tal caso se recomienda el rediseño.
- **Efectos ocultos de la seguridad (Categoría 8).** La tarea requerida para esta categoría debe asegurar la disponibilidad necesaria para evitar un efecto en la seguridad ocasionado por fallas múltiples. Todas las preguntas deben ser formuladas, sino se encuentran tareas efectivas el rediseño es mandatorio. (Véase figura 3)
- **Efectos de funciones ocultas que no afectan la seguridad (Categoría 9).** La tarea para esta categoría debe asegurar la disponibilidad necesaria, con el fin de prevenir efectos económicos de fallas múltiples. El análisis de

la causa del fallo a través de la lógica (Véase figura 3) requiere que la primera pregunta (9A) sea contestada. Cualquier respuesta, SI o NO, requiere pasar al siguiente nivel; un “**SI**” debe satisfacer los requerimientos. Si todas las respuestas son “**NO**” entonces no se genera ninguna tarea. En tal caso se recomienda el rediseño.

- **Segundo nivel de análisis: Causas de las fallas.** El desarrollo de las tareas se hace de manera similar en cada una de las cinco categorías de efectos de falla. Para la determinación de la tarea es necesario aplicar las causas del fallo, para cada fallo funcional. El criterio de selección se relaciona en la Tabla 2.

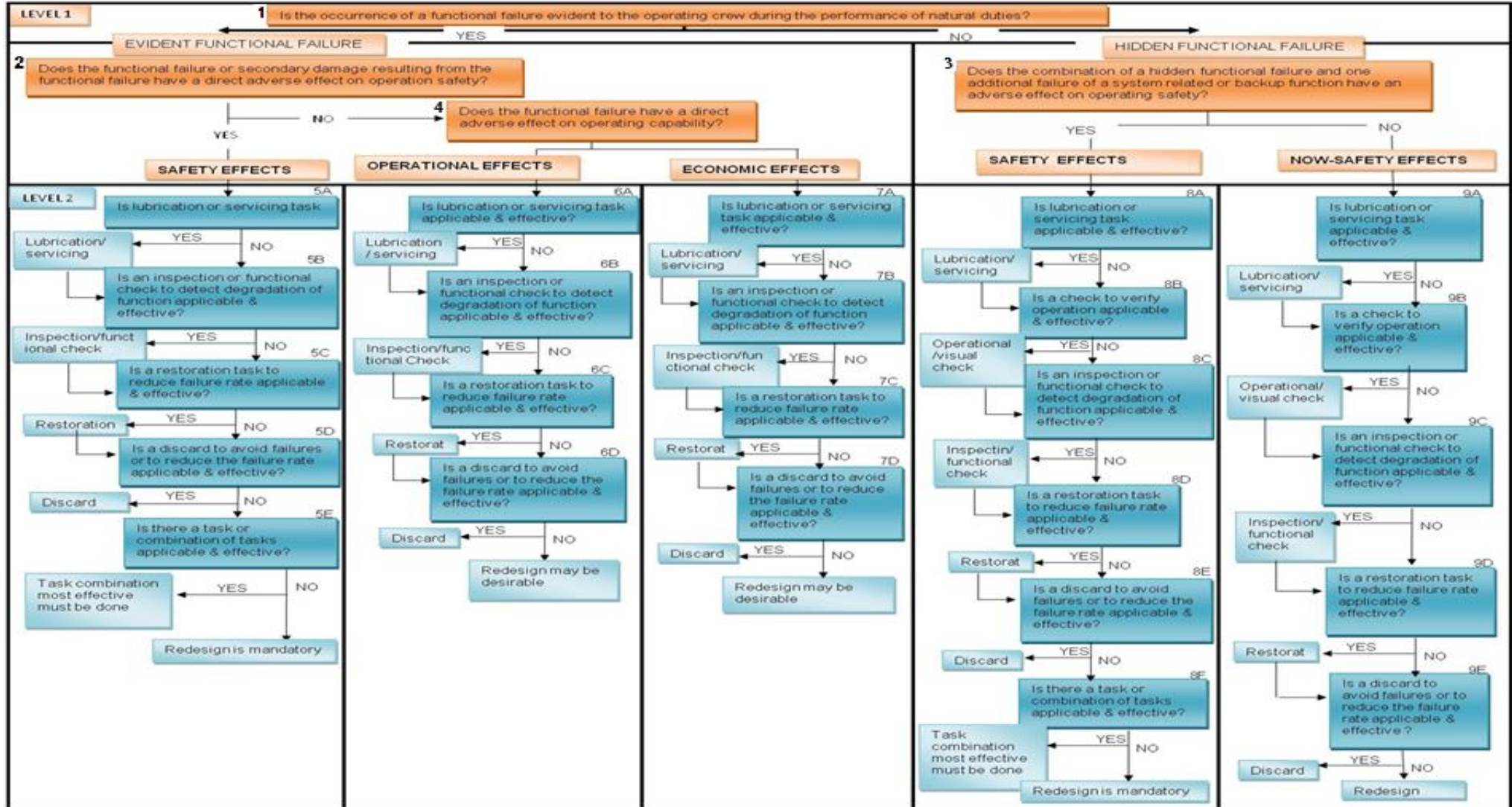


Figura 3: Diagrama de análisis del método MSG-3

Fuente Boeing Maintenance support engineering seminar

4.5 CRITERIO DE SELECCIÓN DE TAREAS

- **Criterios para fijar intervalos o frecuencias de las tareas.** Se debe contar con datos reales y aplicables para determinar un efectivo intervalo de cumplimiento de las tareas. La información apropiada consiste de uno o más de los siguientes criterios:
 - Previo conocimiento de sistemas y motores de otras aeronaves, que muestran evidencia substancial de la efectividad y economía de la tarea de mantenimiento programado.
 - Datos de pruebas de los fabricantes, que indican que la tarea de mantenimiento será efectiva para el sistema o componente evaluado.
 - Si no existe un previo conocimiento de sistemas y motores de otras aeronaves o si no hay suficiente similitud entre los sistemas anteriores y los actuales, el intervalo o frecuencia de la tarea solo puede ser establecido inicialmente por un grupo de trabajo experimentado.

TAREA	APLICABILIDAD	EFFECTIVIDAD SEGURIDAD	EFFECTIVIDAD OPERACIONAL	EFFECTIVIDAD ECONOMICA
LUBRICACIÓN O SERVICIO	El cambio de lubricante debe reducir la tasa de deterioro funcional	La tarea debe reducir el riesgo de falla	La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable	La tarea debe ser económicamente efectiva
CHEQUEO VISUAL U OPERACIONAL	La identificación de la falla debe ser posible	La tarea debe asegurar una adecuada disponibilidad de la función oculta para reducir el riesgo de una falla múltiple.	No es aplicable	La tarea debe asegurar una adecuada disponibilidad de una función oculta, tendiente a evitar efectos económicos de fallas múltiples y debe ser económicamente efectiva.
CHEQUEO FUNCIONAL O INSPECCION	Debe detectar la reducción a la resistencia de falla. Debe existir un intervalo resistente y razonable entre la condición de deterioro y la falla funcional.	La tarea debe reducir el riesgo de una falla para permitir la seguridad en la operación.	La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable.	La tarea debe ser económicamente efectiva; el costo de la tarea debe ser menor que el costo de la falla.
RESTAURACION	El equipo debe mostrar características de degradación funcional a una edad identificable, la mayoría de equipos deben sobrevivir hasta esa edad. Debe ser posible la restauración del equipo a un nivel específico de resistencia a la falla.	La tarea debe reducir el riesgo de una falla para permitir la seguridad en la operación.	La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable.	La tarea debe ser económicamente efectiva; el costo de la tarea debe ser menor que el costo de la falla.
DESCARTE	El equipo debe mostrar características de degradación funcional a una edad identificable, la mayoría de equipos deben sobrevivir hasta esa edad.	El límite de vida segura debe reducir el riesgo de la falla para permitir la seguridad en la operación.	La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable.	Un límite de vida debe ser económicamente efectivo; el costo de la tarea debe ser menor que el costo de la falla.

Tabla 2.Criterio de selección de tareas

5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO: PROCEDIMIENTOS ACTUALES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO FLOTA B727.

5.1 Descripción del procedimiento

El programa de confiabilidad para las Aeronaves Boeing 727-100 y 727-200. El programa básico de mantenimiento de estas aeronaves se establece en el manual de mantenimiento expedido por el fabricante Boeing para las aeronaves 727 de todas las series, igualmente de la estructura del programa de confiabilidad de la empresa con fecha de Revisión 23 30/05/12 y aplican para las aeronaves asignadas para este desarrollar el proyecto:

Matricula	Modelo	S/N	Año	Motores
HK4401	727-2X3	22609	1981	JT8D-17
HK4154	727-51	18804	1965	JT8D-7A
				JT8D-7B
				JT8D-9
				JT8D-9A

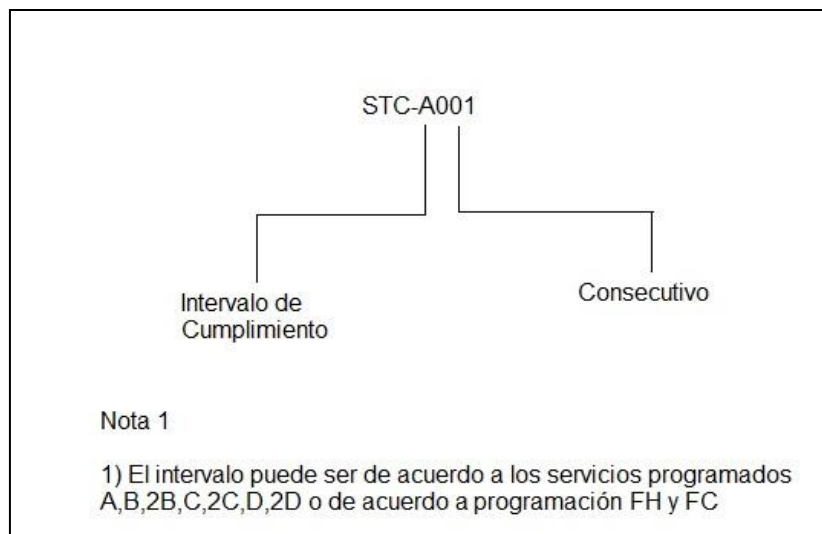
Tabla 3: Aeronaves Boeing 727-100 y 727-200

El procedimiento del plan de mantenimiento se basa en:

- El RACitem 4.575
- Maintenance Planning Data-MPD
- D6-8766 Rev N Diciembre 2009
- CPCP (AD90-25-03)
- SSID (AD 98-11-03 R1)
- Aging Program (AD 90-06-09, AD 94-05-04 y AD 94-07-08)
- Repair Assessment Program (RAP)
- AWLS

5.2 TIPOS DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO

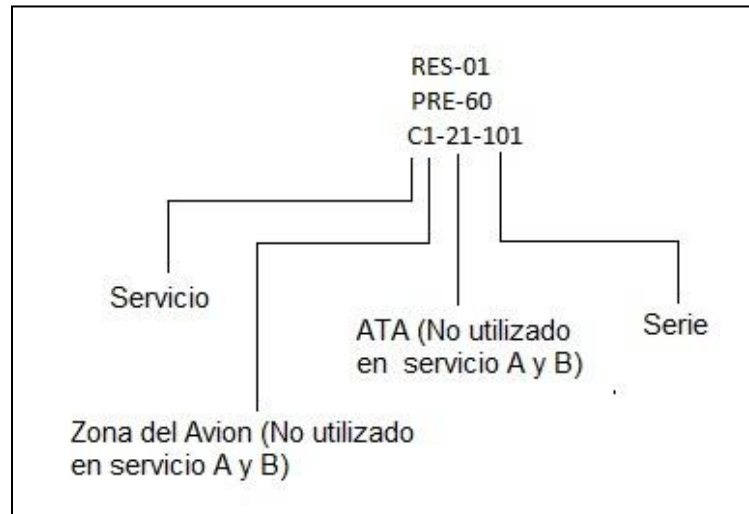
- **Procedimiento servicio diario:** Un servicio diario antes de iniciar los vuelos del día durante los tránsitos en las estaciones fuera de la base principal, antes de reiniciar cada vuelo, en el cual visualmente se determina la condición general del avión y efectuando servicios de mayor complejidad cada cierto número de horas de vuelo.
- **Procedimiento servicio programado:** Los servicios programados son de mantenimiento preventivo donde se practican inspecciones rutinarias en todas las aéreas del avión incluyendo verificación de fluidos.
- **Inspecciones:** Las inspecciones detalladas se hacen de acuerdo a las AD y SB.



Fuente: Boeing Manual, Maintenance Planning Data (MPD)

Figura 4. Plan de Inspecciones

- **Fallas reportadas en libros de vuelo:** Durante las inspecciones requeridas en los servicios programados se hace el mantenimiento correctivo no rutinario.



Fuente: Boeing en el Manual Maintenance Planning Data (MPD)

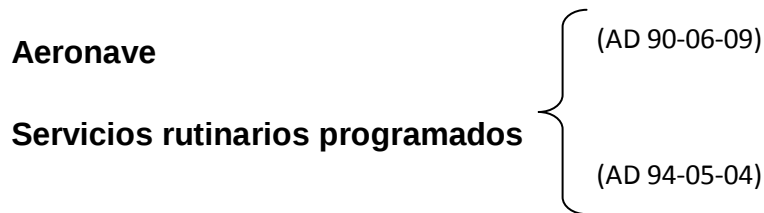
Figura 5. Nomenclatura de los servicios programados

Series de nomenclatura de los servicios programados

Serie 000 Open	Serie 500 Lube
Serie 100 Clean	Serie 600 Install
Serie 200 Remove	Serie 700 Test
Serie 300 Inspection	Serie 800 Close
Serie 400 Services	

5.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO REGIDOS POR (LAS)

- **Mantenimiento Rutinario (Preventivo):** Se establece cada cierto número de horas de vuelo o días calendario



- Programa de envejecimiento
- Programa de inspección cultural especial SSI (AD 98-11-03R1)
- Programa de control de corrosión CPCP (AD 90-25-03)
- Cumplimiento de Directivas de Aeronavegabilidad (AD's)

Motores

- Control de discos por vida limitada
 - Control de parámetros en vuelo
 - Análisis de Aceites
 - Inspecciones Rutinarias
- **Mantenimiento no Rutinario:** Se efectúa debido a circunstancias de vuelo de operación anormal, o a fallas presentadas durante la operación normal del avión o en los servicios programados
- Mantenimiento no Rutinario
 - Reportes del piloto
 - Reportes de Inspección
 - Cambio de componentes por condición
 - Zonificación del Boeing 727

Se sigue la suministrada por Boeing en el Manual Maintenance Planning Data (MPD), Revisión 2 Octubre 1982 la cual se usa en la codificación de las tarjetas de los servicios.

1. LowerHalf of Fuselaje.
2. UpperHalf of Fuselage
3. Empennage
4. Powerplants and Struts
5. LeftWing
6. RightWing

- Intervalo de servicios del plan de mantenimiento de (LAS)

SERVICIO	HORAS DE VUELO	TOLERANCIA
Transito/Pre vuelo	Antes del despegue de la aeronave	— — —
Diario	Antes del primer vuelo de cada día	— — —
A	Cada 150 horas	15 horas
B	Cada 600 horas	60 horas
2B	Cada 1200 horas	120 horas
C	Cada 3000 horas	300 horas
2C	Cada 6000 horas	300 horas
D/2	Cada 9000 horas	300 horas
D	Cada 18000 horas	300 horas

Tabla 4. Intervalos de Servicios

- **Mantenimiento rutinario:** Manual del Programa de Mantenimiento Boeing 727
 - Mantenimiento de Componentes
 - ✓ Hard Time HTTimpolimito
 - ✓ Vida Limite (LifeLimit - LL)
 - ✓ Bajo Condición (On-Condition – O/C)
 - ✓ Monitoreo por condición (ConditonMonitoring –C/M)

PASO 1:

Recolección de información, recolección de datos de las reparaciones basados en los formatos especificados en documento boieng D6-56167 Rev B “Repair Assessment Guidelines Model 727”.

PASO2:

Clasificación de Reparaciones:

- **A:** No necesita ningún tipo de control
- **B:** Requiere inspecciones adicionales para asegurar aeronavegabilidad
- **C:** Es clasificada como temporal necesita ser trabajada o reemplazada a un intervalo de tiempo establecido en el documento Boeing D6-56167 Rev B Repair Assessment Guidelines Model 727

PASO 3:

Determinación de los requerimientos estructurales de mantenimiento, consiste en evaluar y determinar, según documento D6-56167 Rev B los intervalos de inspección de las reparaciones que así lo requieran según la categoría en que hayan sido clasificados.

5.4 PROGRAMA DE CONFIABILIDAD DE MANTENIMIENTO

1. El programa de confiabilidad de (LAS) está basado en la información suministrada en:

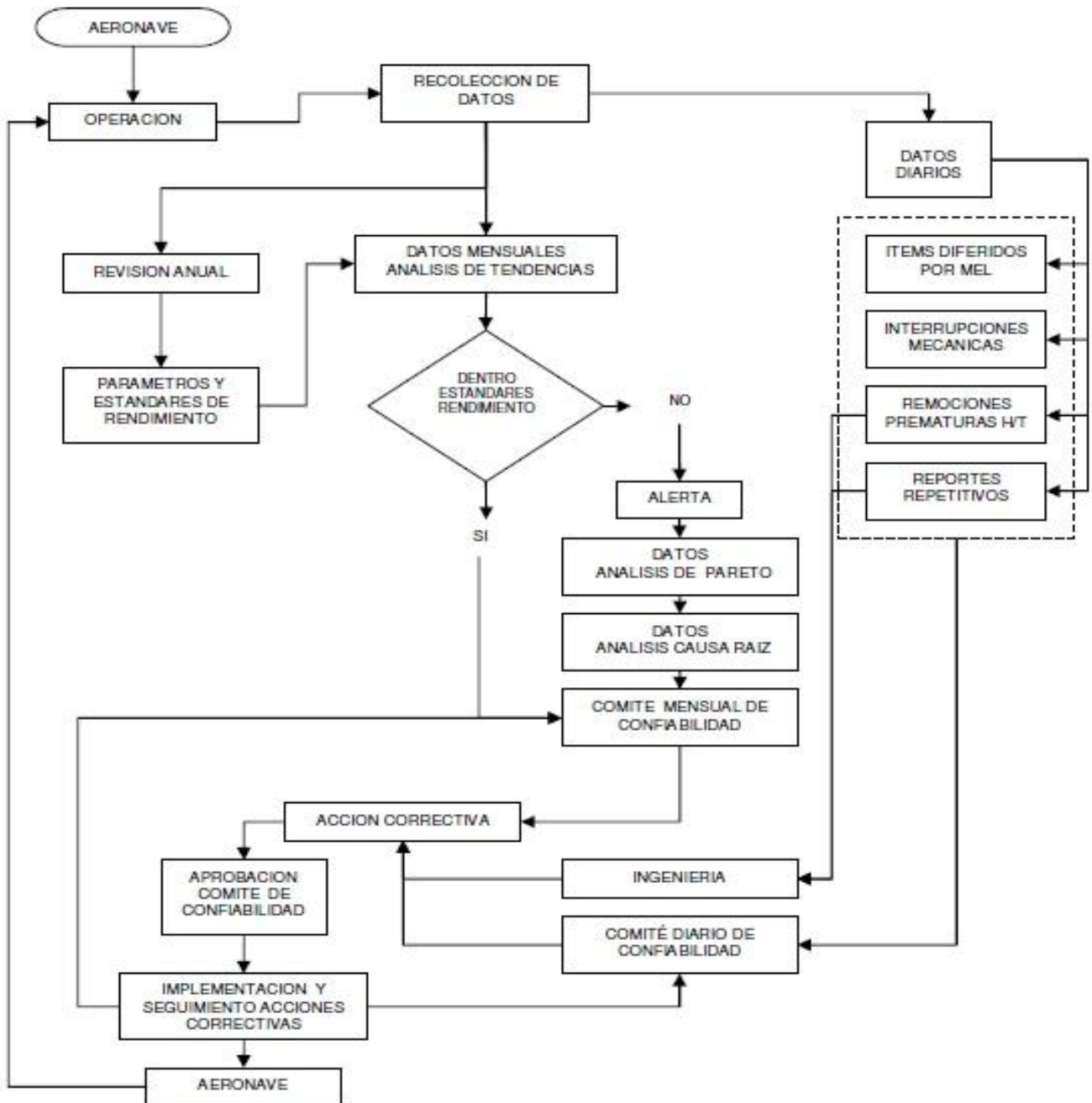
- Circular informativa C15 103-082-15
- Advisory Circular 120-17^a
- Sistemas de control en la circular informativa UAEAC

- 1) Recolección de datos
- 2) Análisis de datos
- 3) Acciones y correctivas
- 4) Estándares de rendimiento
- 5) Reportes y presentación de datos
- 6) Ajuste de intervalos de mantenimiento y cambio de procedimientos
- 7) Revisión del programa

2. Fuentes de Datos del programa de confiabilidad

- 1) Reportes de piloto
- 2) Datos de rendimiento de motor en vuelo/Enginehealthmonitoring
- 3) Interrupciones Mecánicas
- 4) Demoras y cancelaciones
- 5) Corte de motor en vuelo o durante el vuelo
- 6) Remociones programadas del motor
- 7) Remociones no programadas del motor
- 8) Reportes de inspección
- 9) Remociones no programadas de componentes

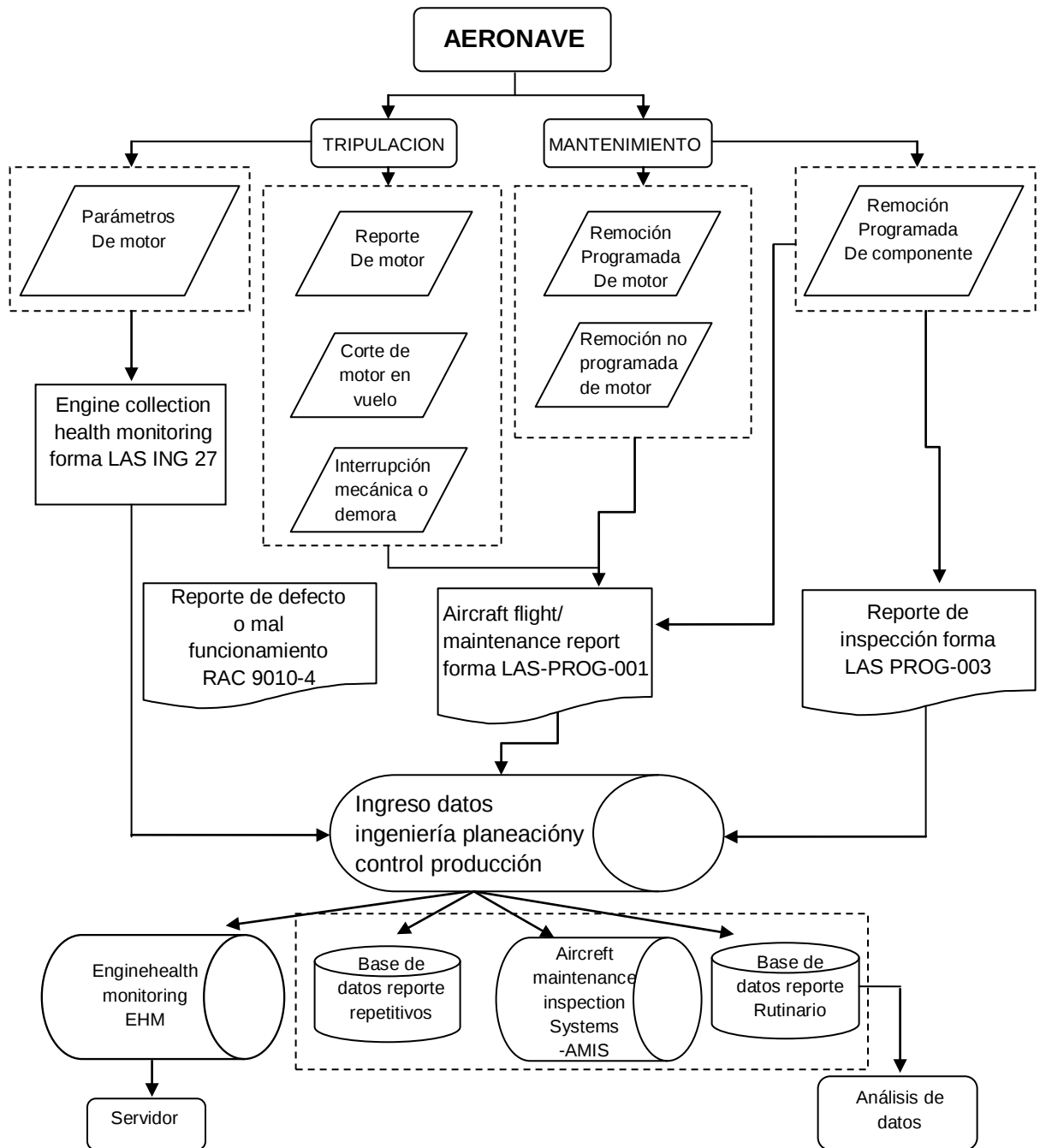
5.4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CONFIABILIDAD DE LA EMPRESA LAS



Fuente Boeing Maintenance support engineering

Figura 6. Manual Programa de Confiabilidad de Mantenimiento Actualización

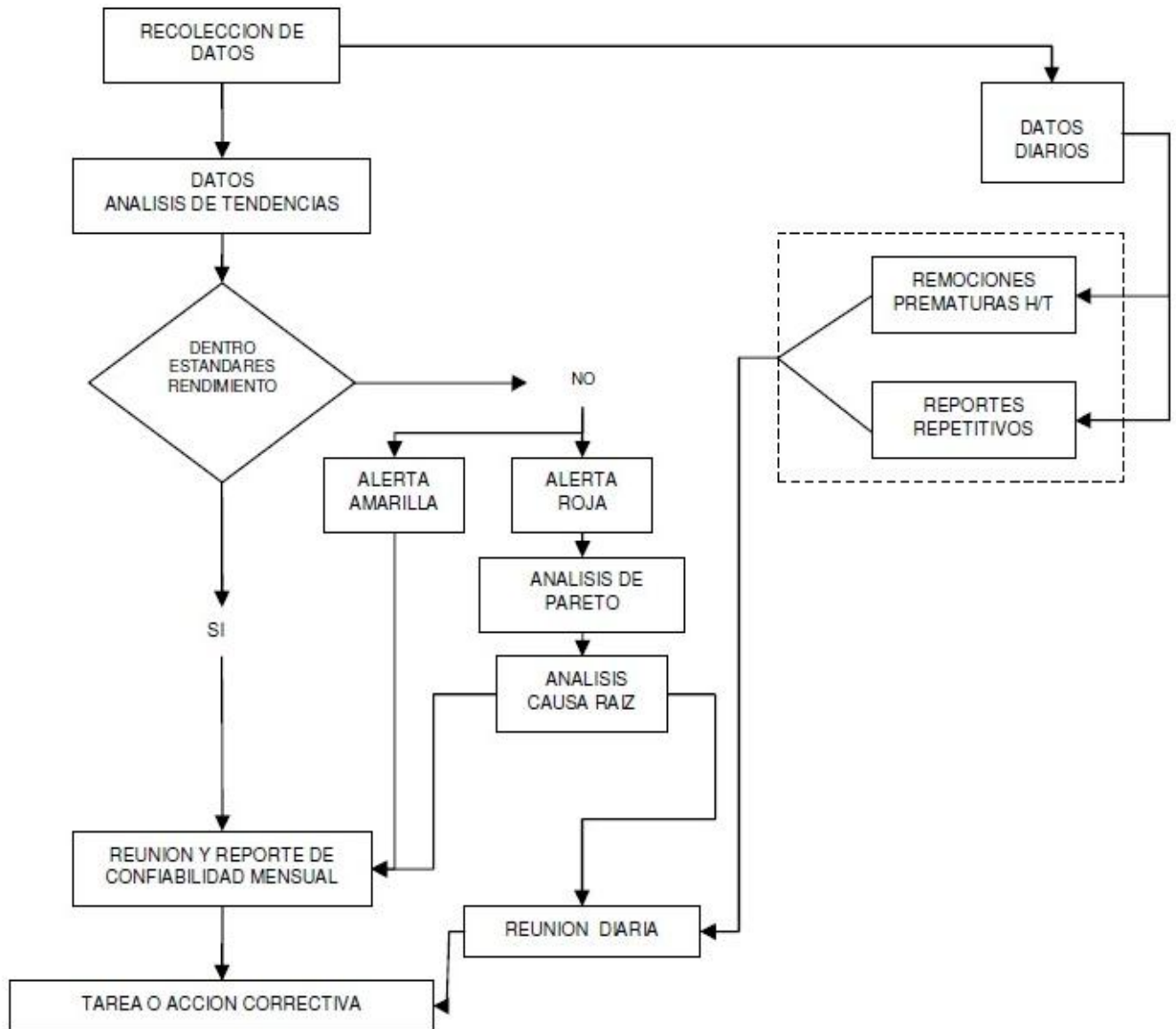
5.4.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD



Fuente Boeing Maintenance support engineeri

Figura 7. Diagrama recolección de datos

5.4.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE ANÁLISIS DE DATOS DEL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD DE LAS



Fuente Boeing Maintenance support engineeri

Figura 8. Diagrama sistemas de análisis de datos

5.4.4 PARÁMETROS DE RENDIMIENTO OPERACIONAL DEL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD DE LA FLOTA B727

- Estándares de rendimiento operacional del programa de confiabilidad: Permiten evaluar el rendimiento operacional de la Flota B727 de la compañía LAS

TERMINO	DEFINICION	CALCULO
1. Número de Aviones en la Flota	Número total de aviones en la flota	Número Total de aviones operando en la flota al final del periodo
2. Índice de aeronaves volando	El número promedio de Aviones usados en operación y mantenimiento normal durante el periodo reportado. Fuera de servicio únicamente aplica, si un Avión es dejado en tierra para reparación o modificación por un periodo mayor a 1 día. El número promedio de Aviones usados en operación y mantenimiento normal durante el periodo reportado. Fuera de servicio únicamente aplica, si un Avión es dejado en tierra para reparación o modificación por un periodo mayor a 1 día.	$\frac{\text{DIAS EN SERVICIO DE LOS AVIONES}}{\text{NUMERO DE DIAS EN EL PERIODO}}$
3. Horas Voladas Rentables	Horas totales de vuelo excluyendo las horas voladas en pruebas, vuelos ferry, en regresos de vuelo.	
4. Total Despegues y Aterrizajes (Ciclos Avión)	Número Total de despegues de la flota entera, incluyendo touch and go	
5. Utilización Diaria(Horas)	Horas totales voladas de la flota en el periodo (HTVFP)=Suma de horas voladas de todas las aeronaves en un tipo de flota. Días totales de servicio activo= Suma de todos los días en las que las aeronaves están disponibles para vuelo(total día s del mes)	$\frac{\text{HTPV}}{\text{DIAS TOTALES DE SERV ACTIVO}} \quad \text{IAV}$ IAV: Indice de Aviones Volando
6. Promedio duración vuelo	Horas totales de vuelo rentables por ciclos totales rentables	$\frac{\text{HORAS VOLADAS (RENTABLES)}}{\text{CICLOS (RENTABLES)}}$

Tabla 5. Estándares de rendimiento operacional

6. RESUMEN OPERACIONAL.

Se ha recolectado todos los reportes que presenta las aeronaves HK4154 y HK4401 en el transcurso de su operación mostrada en las tablas, estas cuentan con una serie de columnas las cuales muestran la siguiente información:

La Tabla 6 muestra una plantilla la cual describe para las aeronaves HK 4154 y HK4401 con los diferentes datos atreves de un año el cual contiene:

Horas voladas, ciclos volados, días operados, horas block, diferencia horas block-Hrs voladas, horas no rentables, ciclos rentables, horas rentables, ciclos rentables, utilización diarias (horas), utilización (ciclos), Duración promedio vuelo, interrupciones mecánicas, demoras o cancelaciones, total horas desde fabricación y total CYC (ciclos) desde fabricación.

Los datos obtenidos atreves del año están diligenciados en la tabla para luego promediarlos como: Promedio actual, acumulación año actual, promedio año anterior, acumulación año anterior.

- La tabla denominada “**RESUMEN OPERACIONAL POR AERONAVE B727-100**” está constituida por un recuadro de encabezamiento donde se referencia el nombre de la compañía, el programa de confiabilidad, el número de la tabla junto con el nombre de esta, el año y mes del informe.
- La tabla se encuentra dividida por recuadros que hacen relación a cada una de las aeronaves de la Flota B727-100 con los siguiente datos: Horas voladas, ciclos volados, días operados, horas block, diferencia entre horas block y total horas voladas, horas no rentables (Entrenamiento+ Pruebas+ Devoluciones), ciclos no rentables, horas rentables, ciclos rentables, utilización diaria en horas y ciclos, duración promedio de vuelo, interrupciones mecánicas, demoras o cancelaciones, total de horas y ciclos acumulados desde fabricación de la aeronave.

- Cada uno de los cuadros es diligenciado mes a mes con la información correspondiente a cada aeronave de la Flota B727-100.
- Se determinara un promedio y acumulado anual para tener una referencia de comparación con el año anterior.
- La información mensual plasmada en esta tabla, es suministrada por el sistema AMIS y el formulario RAC 8010-4.
- La tabla tendrá un pie de página en el que se detalla: funcionario que realiza el informe, fecha de impresión del mismo, número y fecha de revisión aprobada por la UAEAC y su correspondiente paginación.

6.1 RESUMEN OPERACIONAL FLOTA B727-200⁵.

- La tabla denominada **“RESUMEN OPERACIONAL FLOTA B727-200”** está constituida por un recuadro de encabezamiento donde se referencia el nombre de la compañía, el programa de confiabilidad, el número de la tabla junto con el nombre de esta, el año y mes del informe.
- La tabla se encuentra dividida por cuadros que hacen relación a la Flota B727-100 con los siguiente datos: Numero aeronaves en la flota, numero de aeronaves en servicio, índice de aeronaves volando, horas voladas, ciclos volados, días operados, horas block, diferencia entre horas block y total horas voladas, horas no rentables (Entrenamiento+ Pruebas+ Devoluciones), ciclos no rentables, horas rentables, ciclos rentables, utilización diaria en horas y ciclos, duración promedio de vuelo, interrupciones mecánicas y demoras o cancelaciones.

⁵LINEASAEREAS SURAMERICANAS. Manual Programa de Confiabilidad de Mantenimiento. Rev 8, 2013.

- Cada uno de los cuadros es diligenciado mes a mes con la información correspondiente al acumulado de las aeronaves de la Flota B727-200.
- Se determinara un promedio y acumulado anual para tener una referencia de comparación con el año anterior.
- La información mensual plasmada en esta tabla, es suministrada por la Tabla 1 de este informe.
- La tabla tendrá la gráfica con horas y ciclos volados en los últimos cinco años.
- La tabla tendrá un pie de página en el que se detalla: funcionario que realiza el informe, fecha de impresión del mismo, número y fecha de revisión aprobada por la UAEAC y su correspondiente paginación.

BOEING	DATOS	MESES												PROMEDIO AÑO ACTUAL	ACUM. AÑO ACTUAL	PROMEDIO AÑO ANTERIOR	ACUM. AÑO ANTERIOR
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOY	DIC				
HK 4154	HORAS VOLADAS	19:55	36:00	37:10	27:05	37:10	29:35	33:45	23:10	23:00	46:00	28:45	36:20	31:29	377:55	49:37	595:25
	CICLOS VOLADOS	20	33	30	26	28	23	33	22	22	34	24	32	27,25	327	39,58	475
	DÍAS OPERADOS	11	17	16	12	15	13	14	13	11	17	12	16	13,92	167	17,33	208
	HORAS BLOQUE	28:30	49:10	49:40	37:45	48:25	39:00	45:25	32:00	31:35	60:30	38:40	51:15	42:39	511:55	64:19	771:50
	DIFERENCIA HORAS BLOQUE- HRS VOLADAS	8:35	13:10	12:30	10:40	11:15	9:25	11:40	8:50	8:35	14:30	9:55	14:55	11:10	134:00	14:42	176:25
	HORAS NO RENTABLES	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
	CICLOS NO RENTABLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	HORAS RENTABLES	19:55	36:00	37:10	27:05	37:10	29:35	33:45	23:10	23:00	46:00	28:45	36:20	31:29	377:55	49:37	595:25
	CICLOS RENTABLES	20	33	30	26	28	23	33	22	22	34	24	32	27,25	327	39,58	475
	UTILIZACIÓN VUELO (HORAS)	1:48	2:07	2:19	2:15	2:28	2:16	2:24	1:46	2:05	2:42	2:23	2:16	2:14		2:47	
	UTILIZACIÓN VUELO (CICLOS)	1,82	1,94	1,88	2,17	1,87	1,77	2,36	1,69	2,00	2,00	2,00	2,00	1,96		2,25	
	OPERACIÓN PROMEDIO VUELO	0:59	1:05	1:14	1:02	1:19	1:17	1:01	1:03	1:02	1:21	1:11	1:08	1:08		1:13	
	INTERFERENCIAS MECÁNICAS	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,08	1	0,17	2
	DEMOGRAFÍA CANCELACIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0
	TOTAL HRS DESDE FABRICACIÓN	72145:53	72181:53	72219:03	72246:08	72283:18	72312:53	72346:38	72369:48	72392:48	72438:48	72467:33	72506:53				
	TOTAL CYC DESDE FABRICACIÓN	60708	60741	60771	60797	60825	60848	60881	60903	60925	60959	60983	61015				
HK 4401	HORAS VOLADAS	8:40	57:00	41:05	44:35	30:55	10:20	50:45	61:55	80:45	69:25	67:15	98:55	51:47	621:35	39:06	469:15
	CICLOS VOLADOS	8	47	34	37	24	11	43	47	68	52	50	56	39,75	477	29,75	357
	DÍAS OPERADOS	6	18	19	16	14	8	22	19	29	22	23	28	18,67	224	13,83	166
	HORAS BLOQUE	13:50	75:25	55:00	59:50	40:10	14:05	70:50	83:25	111:55	93:15	91:50	98:55	67:22	808:30	50:36	607:20
	DIFERENCIA HORAS BLOQUE- HRS VOLADAS	5:10	18:25	13:55	15:15	9:15	3:45	20:05	21:30	31:10	23:50	24:35	0:00	15:34	186:55	11:30	138:05
	HORAS NO RENTABLES	0:00	0:00	0:00	0:00	0:40	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:03	0:40	0:00	0:00
	CICLOS NO RENTABLES	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	HORAS RENTABLES	8:40	0:00	41:05	44:35	30:15	10:20	50:45	61:55	80:45	69:25	67:15	98:55	46:59	563:55	39:06	469:15
	CICLOS RENTABLES	8	47	34	37	23	11	43	47	68	52	50	56	40	476	30	357
	UTILIZACIÓN VUELO (HORAS)	1:26	3:10	2:09	2:47	2:12	1:17	2:18	3:15	2:47	3:09	2:55	3:31	2:35		2:21	
	UTILIZACIÓN VUELO (CICLOS)	1,33	2,61	1,79	2,31	1,71	1,38	1,95	2,47	2,34	2,36	2,17	2,00	2,04		1,81	
	OPERACIÓN PROMEDIO VUELO	1:05	1:12	1:12	1:12	1:17	0:56	1:10	1:19	1:11	1:20	1:20	1:45	1:15		1:05	
	INTERFERENCIAS MECÁNICAS	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0,33	4	0,25	3
	DEMOGRAFÍA CANCELACIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0
	TOTAL HRS DESDE FABRICACIÓN	40185:29	40242:29	40283:34	40328:09	40359:04	40369:24	40420:09	40482:04	40562:49	40632:14	40699:34	40771:19				
	TOTAL CYC DESDE FABRICACIÓN	21643	21690	21724	21761	21785	21796	21839	21886	21954	22006	22056	22112				

Tabla 6. Resumen Operacional por Aeronave B727-100.

- La tabla denominada **“DESCRIPCION INTERRUPCIONES MECANICAS, DEMORAS O CANCELACIONES ORIGINADAS EN EL MES.”**, está constituida por un recuadro de encabezamiento donde se referencia el nombre de la compañía, el programa de confiabilidad, el número de la tabla junto con el nombre de esta, el año y mes del informe.
- La tabla se encuentra dividida por recuadros que hacen relación al consecutivo o cantidad, tipo de flota, aeronave, fecha, horas y ciclos acumulados de la aeronave al momento de presentar la interrupción mecánica, consecuencia (regreso de pista, regreso de vuelo, decolage abortado, aterrizaje de emergencia, desviación, control tráfico aéreo, mal tiempo, cancelación), causa de la interrupción mecánica (sistema o componentes afectado), la discrepancia o reporte y la respectiva acción correctiva.
- La tabla es utilizada para detallar uno a uno el número de interrupciones que ocurrieron en el periodo de referencia, se verificaran todas las interrupciones del periodo por medio del software AMIS y con el fólder de la correspondencia enviada a la UAEAC.
- La tabla tendrá un pie de página en el que se detallan, funcionario que realiza el informe, fecha de impresión del mismo, número y fecha de revisión aprobada por la UAEAC y su correspondiente paginación.

AERONAVE / FLOTA	CONSECUENCIA	MESES												ACUMULADO
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
HK 4154	REGRESO DE PISTA	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	REGRESO DE VUELO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DECOLAJE ABORTADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ATERRIJAJE DE EMERGENCIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESVIACION DE VUELO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OTROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
HK 4401	REGRESO DE PISTA	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3
	REGRESO DE VUELO	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	DECOLAJE ABORTADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ATERRIJAJE DE EMERGENCIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DESVIACION DE VUELO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OTROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	4

Tabla 7. Descripción interrupciones mecánicas, demoras o cancelaciones originadas en el mes.

FLOTA	B727-100			B727-200				Super 27		INTERRUPCIONES MECANICAS			TOTAL INTERRUPCION ES MECANICAS
AERONAVE S	HK 1271	HK 1273	HK 4154	HK 4261	HK 4262	HK 4354	HK 4401	HK 4636	HK 4637	B727-100	B727-200	Super 27	
INTERRUP CIONES MECANICA \$ 2008	7	5	1	2	11	6	8	--	--	13	27	0	40
INTERRUP CIONES MECANICA \$ 2009	2	4	2	5	2	6	3	1	0	8	16	1	25
INTERRUP CIONES MECANICA \$ 2010	2	0	1	5	6	5	4	2	3	3	20	5	28

Tabla 8. Descripción interrupciones mecánicas, demoras o cancelaciones originadas en el mes.

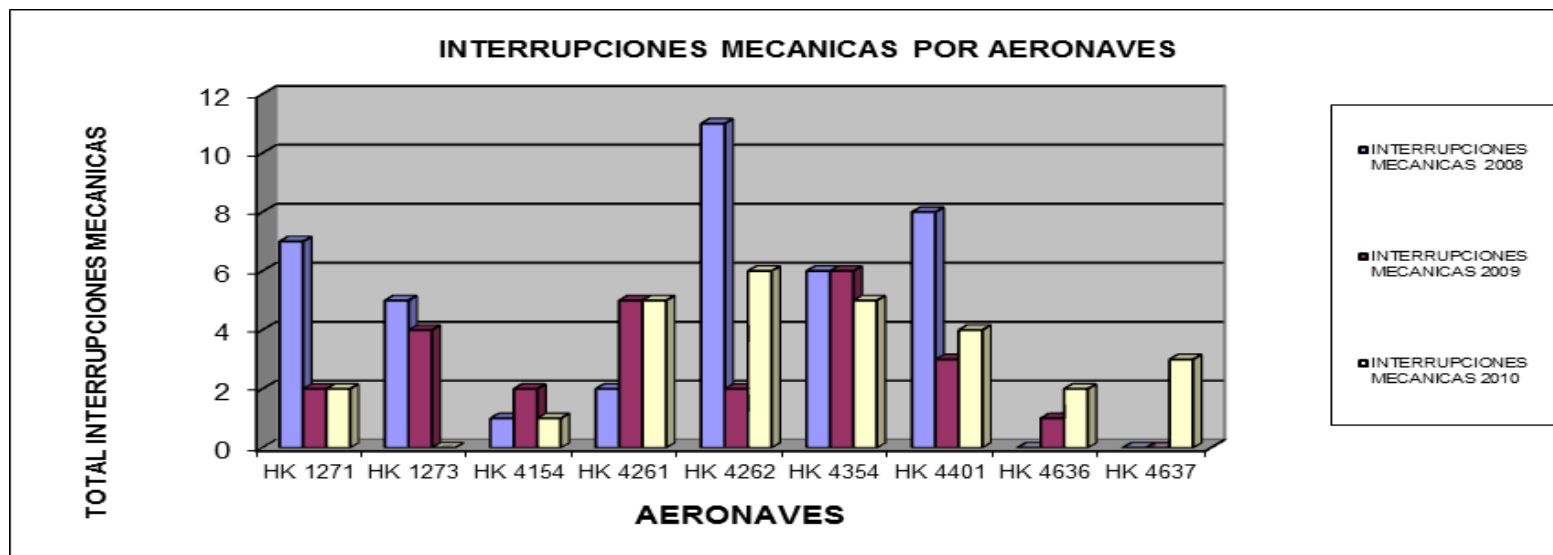


Figura 9. Diagrama total de interrupciones por Aeronave

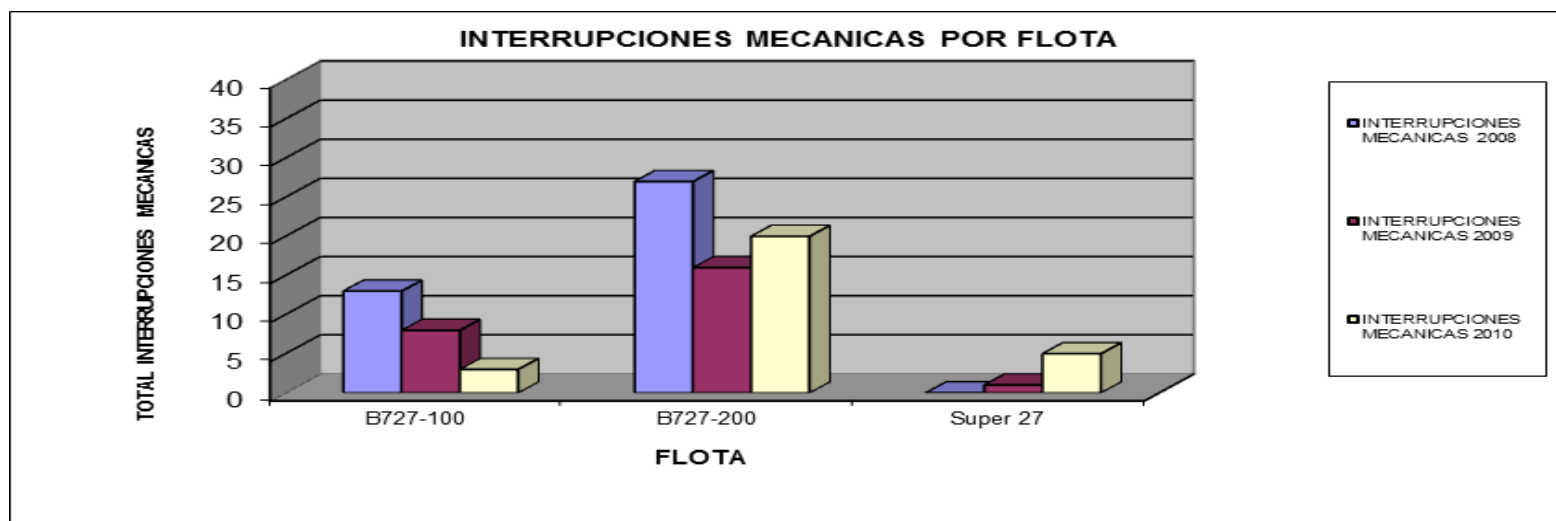


Figura 10. Diagrama total de interrupciones por Flota

- La tabla denominada **“REPORTE ANUAL CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS ATA POR ACCION CORRECTIVA - FLOTA B727-100/200/SUPER 27”** está constituida por un recuadro de encabezamiento donde se referencia, el nombre de la compañía, el programa de confiabilidad, el numero de la tabla junto con el nombre de esta, el año y mes del informe.
- La tabla es utilizada para establecer el acumulado de las acciones correctivas que se dieron a los reportes mes a mes durante el transcurso del año y así obtener un acumulado anual, este acumulado anual se graficara junto con el del año anterior.
- La información mensual plasmada en esta tabla, es suministrada por el sistema AMIS.
- La tabla tendrá un pie de página en donde se relaciona o se referencia el funcionario que realiza el informe, fecha de impresión del mismo, número y fecha de revisión aprobada por la UAEAC y su correspondiente paginación.



LINEAS AEREAS SURAMERICANAS
PROGRAMA CONFIABILIDAD DE MANTENIMIENTO

TABLA N° 17
ANUAL CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS ATA POR ACCION CORRECTIVA
FLOTA B727-100/200/SUPER 27

REPORTE

ANU:
2010
MES:
DICIEMBRE

SISTEMA	AÑO 2009												ACUMULA DO AÑO ACTUAL	ACUMULA DO AÑO ANTERIOR
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
AJUSTE O REPOSICION	15	16	18	20	16	16	18	14	33	25	20	25	236	222
REPARACION	16	11	11	15	19	8	17	17	20	3	22	19	178	179
REMOCION Y REEMPLAZO	17	31	23	35	26	20	53	36	49	34	43	60	427	335
COMPONENTES	17	31	23	35	26	20	53	36	49	34	43	60	427	335
RUEDAS	0	5	2	1	4	0	2	1	0	0	0	0	15	17
FRENOS	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	4	6
EMITIDOS MANTTO	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
OTROS	5	3	2	4	3	1	5	1	0	0	0	0	24	53
SERVICIO	1	4	0	3	1	1	5	6	9	4	8	8	50	23
REGLAJE	1	4	0	3	1	1	5	6	9	4	8	8	50	23
LIMPIEZA	3	4	4	5	2	5	7	4	3	4	3	0	44	15
DRENAJE	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	6	6
OLEONEUMATICO	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
CALIBRACION	0	0	2	1	2	0	0	3	8	0	0	1	17	1
LUBRICACION	2	2	1	2	3	2	1	0	1	1	3	0	18	8
RECARGA	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
ACEITES	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	3	6
OTROS	5	7	5	3	3	8	12	0	2	5	6	2	58	74
DIFERIDOS DE MANTENIMIENTO	6	8	3	7	4	2	3	4	0	7	3	3	50	49
TOTALES	71	91	75	98	87	65	125	86	125	84	108	119	1134	999

Tabla 9. Reporte manual clasificación de los sistemas ATA

- La tabla denominada “**INTERRUPCIONES MECANICAS ULTIMOS DOCE MESES SUPER 27**”, está constituida por un recuadro de encabezamiento donde se referencia el nombre de la compañía, el programa de confiabilidad, el número de la tabla junto con el nombre de esta, el año y mes del informe.
- La tabla se encuentra dividida por recuadros que hacen relación a cada una de las aeronaves y a la Flota Súper 27 con los siguientes datos o consecuencias originadas por las interrupciones mecánicas: Regreso de pista, regreso de vuelo, decolaje abortado, aterrizaje de emergencia, desviación, otros.
- La tabla establece el número acumulado de consecuencias generadas por las interrupciones mecánicas en las aeronaves y en la Flota Súper 27.
- Se determina la rata de interrupciones mecánicas para la Flota.
- Se determina un promedio y acumulado anual para tener una referencia de comparación con el año anterior.
- La información mensual plasmada en esta tabla, es suministrada por el Sistema AMIS y la tabla N° 7.
- La tabla tendrá la gráfica para identificar estados de alerta.

La tabla tendrá un pie de página en el que se detallan, funcionario que realiza el informe, fecha de impresión del mismo, el número y fecha de revisión aprobada por la UAEAC y su correspondiente paginación.

 LINEAS AEREAS SURAMERICANAS PROGRAMA CONFIABILIDAD DE MANTENIMIENTO							TABLA N° 9 DESCRIPCION DE INTERRUPCIONES	AÑO: 2010
	FLOTA	HK	FECHA	HORAS/CICLOS ACUMULADOS AERONAVE	TIPO DE INTERRUPCION MECANICA	CAUSA DEL INCIDENTE (Sistema o componente afectado)	REPORTE	ACCION CORRECTIVA
	B727-200	4401	29/01/2010	40185:29 21643	Regreso de pista	Filtro	Al iniciar turbina #2 no hubo presion de aceite y la luz de baja presion no apago. Se retorno a plataforma.	Se efectuo trouble shooting 02 IAW PWA MM 72-00-00 pags 139-142. Se encontro filtro de aceite obstruido, se reemplazo filtro IAW AMM 72-61-00 pags 410-413. Pruebas operacionales satisfactorias IAW PWA MM 72-00-00 test C pags 555-556.
	B727-200	4401	14/05/2010	40343:04 21774	Regreso de vuelo	Empaque de valvula de alivio limitadora de carga del rudder	Durante el ascenso se detecto caida de cantidad del sistema hidraulico A, se efectuo procedimiento.	Se encontro escape por empaque de valvula de alivio limitadora de carga del rudder, se reemplazo empaque de acuerdo AMM 27-20-53 pag 401 item B figura 401. Se efectuaron pruebas IAW AMM 27-20-53 item F.
	B727-200	4401	15/07/2010	40397:14 21819	Regreso de vuelo	Circuito eléctrico	Durante arranque motor #3 no hubo incremento de EGT, se efectuo procedimiento.	Según WDM 74-21-01 pag 1, se reparo linea electrica W198-005-16 y linea a tierra W198-021-16 en pines B y A de conector D20 en caja de ignicion.
	B727-200	4401	17/07/2010	40399:24 21821	Regreso de pista	caja ignicion, bujia	Durante encendido motor #3, no hubo incremento ni de EGT; ni FIF. Se efectuo procedimiento.	De acuerdo a cazafallas MM 72-00-00 pags 157-165, se efectuo inspeccion y chequeo a termocuplas de acuerdo a condicion y ohmiaje
	B727-100	4154	18/08/2010	72357:13 60891	Regreso de pista	Panel de Audio Nro 1	Se regresó a plataforma por Panel de Audio Nro 1 Inoperativo	De acuerdo a cazafallas MM 23-21-0 pags 101-103 se cambió caja selectora audio Nro . Pruebas

Tabla 10. Interrupciones mecánicas últimos doce meses B727-100/200.

- La tabla 11 denominada **“REPORTES DE PILOTO POR SISTEMA ATA – FLOTA B727-100”** está constituida por un recuadro de encabezamiento donde se referencia, el nombre de la compañía, el programa de confiabilidad, el número de la tabla junto con el nombre de esta, el año y mes del informe.
- La tabla es utilizada para detallar el número de reportes generados mensualmente por Sistema ATA, allí se relacionan el número de reportes de los últimos tres meses del año en curso y sus totales, se emite mediante formulación el promedio mensual de la rata de reportes, la rata promedio de los últimos doce meses, el promedio de rata de los tres meses y el Upper Control Limit (UCL).
- La información mensual plasmada en esta tabla, es suministrada por el Sistema AMIS.
- Esta tabla se realiza mensualmente y nos proporciona la información adecuada para establecer el estado de alerta de los Sistemas ATA.
- En su pie de página se detallaran funcionario que realiza el informe, fecha de impresión del mismo, número y fecha de revisión aprobada por la UAEAC y su correspondiente paginación.



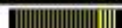
LINEAS AEREAS SURAMERICANAS
PROGRAMA CONFIABILIDAD DE MANTENIMIENTO

TABLA N° 12
REPORTES DE PILOTO POR SISTEMAS ATA
FLOTA B727-100

AÑO: AAAA
MES: MMMMMM

ATA	SISTEMA	NUMERO REPORTES ULTIMOS TRES MESES			RATA REPORTES (X 100 CICLOS)			TIPO DE ALERTA	TENDENCIA RATA	PROMEDIO RATA 12 ULTIMOS MESES	PROMEDIO RATA 3 MESES MES ANTERIOR	PROMEDIO RATA 3 MESES MES ACTUAL	UPPER CONTROL LIMIT
		jun-11	jul-11	ago-11	jun-11	jul-11	ago-11						
21	AIR CONDITIONING				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
22	AUTOPILOT				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
23	COMMUNICATIONS				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
24	ELECTRICAL POWER				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
25	EQUIPMENT / FURNISHINGS				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
26	FIRE PROTECTION				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
27	FLIGHT CONTROLS				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
28	FUEL				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
29	HYDRAULIC POWER				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
30	ICE / RAIN PROTECTION				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
31	INSTRUMENT				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
32	LANDING GEAR				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
33	LIGHTS				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
34	NAVIGATION				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
35	OXYGEN				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
36	PNEUMATIC				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
38	WATER / WASTE				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
49	APU				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
51	STRUCTURES				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
52	DOORS				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
56	WINDOWS				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
71	POWER PLANT				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
72	ENGINES				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
73	ENGINES FUEL / CONTROL				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
74	IGNITION SYSTEM				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
75	ENGINE AIR				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
76	ENGINE CONTROL				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
77	ENGINE INDICATING				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
78	EXHAUST				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
79	OIL				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
80	STARTING				0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
TOTALES		0	0	0									

Alerta Amarilla



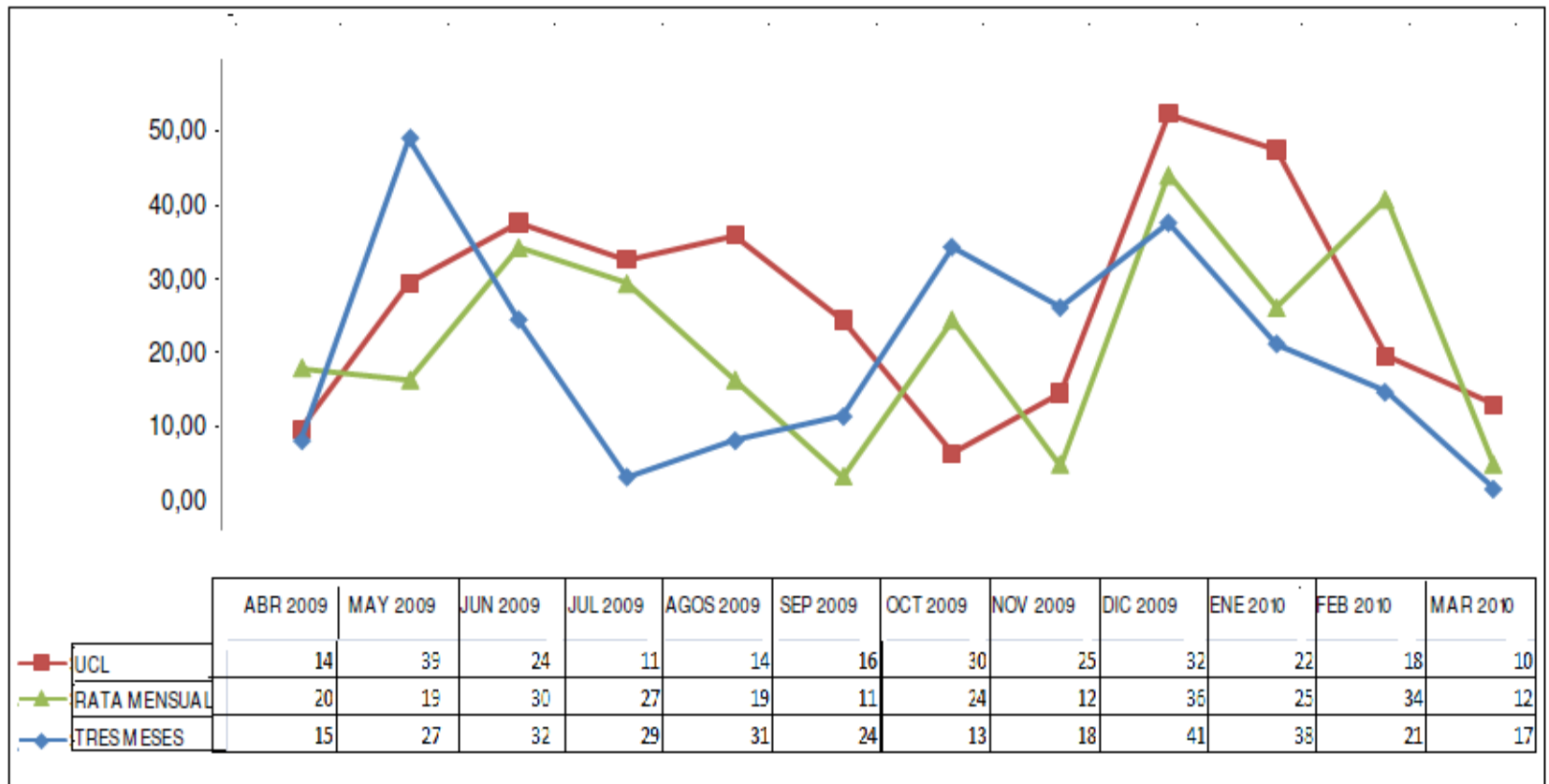
Alerta Roja



Tabla 11. Reportes de piloto por Sistema ATA – Flota B727- 100.

6.2 SISTEMAS EN ALERTA - FLOTA B727-100.

- La tabla denominada “SISTEMAS EN ALERTA – FLOTA B727-100” está constituida por un recuadro de encabezamiento donde se referencia, el nombre de la compañía, el programa de confiabilidad, el número de la tabla junto con el nombre de esta, el año y mes del informe.
- Es utilizada para graficar las alertas amarillas y rojas del mes en estudio o análisis.
- La grafica que se muestra según el estado es la siguiente.
- Las alertas se obtienen de acuerdo a los resultados de la formulación y se compilan por Sistema ATA, y luego son graficados en el formato de la tabla N° 12. En estas se describen tres tendencias significativas como lo son el UCL, la rata mensual y la rata o promedio trimestral.



ATA XX-XXXXXXXXXXXX

Tabla 12. Sistemas en alerta - Flota B727-100.

6.3 REMOCION NO PROGRAMADA DE COMPONENTES POR SISTEMAS ATA.

- La tabla denominada “REMOCION NO PROGRAMADA DE COMPONENTES POR SISTEMAS ATA” está constituida por un recuadro de encabezamiento donde se referencia, el nombre de la compañía, el programa de confiabilidad, el número de la tabla junto con el nombre de esta, el año y mes del informe.
- La tabla contiene recuadros para identificar la aeronave, el número y Sistema ATA, Nombre del componente removido, el QPA, cantidad de componentes instalados por aeronave, el número de componentes removidos últimos tres meses, la rata de remociones, el tipo de alerta, el promedio de la rata mensual de los últimos tres meses y el UCL, Upper Control Limiter.
- La tabla es utilizada para detallar el número de componentes removidos de un determinado P/N por Sistema ATA y Aeronave.
- La información mensual plasmada en esta tabla, es suministrada a diario por las hojas de libro de vuelo que contienen remoción e instalación de componentes.
- Esta tabla se realiza mensualmente y nos proporciona la información adecuada para establecer el estado de alerta de los componentes removidos por P/N.



LINEAS AEREAS SURAMERICANAS
PROGRAMA CONFIABILIDAD DE MANTENIMIENTO

TABLA N° 19
REMOCION NO PROGRAMADA DE COMPONENTES POR
SISTEMAS ATA

AÑO: 2011
MES: ENERO

AERONAVE	ATA	SISTEMA	NOMBRE DEL COMPONENTE	P/N COMPONENTE	QPA	NUMERO COMPONENTES REMOVIDOS ULTIMOS TRES MESES			RATA REMOCIONES URR (X 1000 HORAS)			TIPO DE ALERTA	PROMEDIO RATA 3 MESES	UPPER CONTROL LIMIT
						Nov-10	Dec-10	Jan-11	Nov-10	Dec-10	Jan-11			
4154	24		BULBOS DE TEMPERATURA DE IN Y RISE	56B17C	1	0	0	1	0.00	0.00	55.80		18.60	36.87
4154	34		DME INTERROGADOR	522-2702-014	2	0	0	1	0.00	0.00	27.90		9.30	18.43
4154	34		DME INTERROGADOR	522-2702-061	2	0	0	1	0.00	0.00	27.90		9.30	18.43
4154	78		MANGUERA REVERSIBLE	96873	3	0	0	1	0.00	0.00	18.60		6.20	12.29
4154	23		MICROFONO	63999-000	5	0	0	1	0.00	0.00	11.16		3.72	7.37
4154	34		VOR ILS RECEIVER	522-245-015	2	0	0	1	0.00	0.00	27.90		9.30	18.43
4154	34		VERTICAL GYRO	2587335-11	1	0	0	1	0.00	0.00	55.80		18.60	36.87
4154	34		DME INTERROGADOR	522-2702-054	2	0	0	1	0.00	0.00	27.90		9.30	18.43
4401	23		VOR RECEIVER	522-2450-115	2	1	0	1	111.11	0.00	27.90		46.34	76.29
4401	21		GASPER FAN	500702-4620	1	1	0	1	222.22	0.00	55.80		92.68	152.58
4401	34		VHF NAV CONTROL	G-5651	2	0	1	1	0.00	111.11	27.90		46.34	76.29
4401	34		VOR/ILS RECEIVER	522-2450-015	2	0	1	1	0.00	111.11	27.90		46.34	76.29
4401	34		AIR DATA COMPUTER	HG480B100	1	0	0	1	0.00	0.00	55.80		18.60	36.87
4401	34		SERVO ALTITUDE INDICATOR	2055-01-1	1	0	0	1	0.00	0.00	55.80		18.60	36.87
4401	34		VOR / ILS RECEIVER	522-2450-120	2	0	0	1	0.00	0.00	27.90		9.30	18.43
4401	33		RPM N2 INDICADOR	8DJ81LVV	3	0	0	1	0.00	0.00	18.60		6.20	12.29
TOTALES						2	2	32						
						Alerta Amarilla 			Alerta Roja 					

Tabla 13. Remoción no programada de componentes por sistemas ATA.

7. METODOLOGÍA

7.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación que se pretende encaminar en el proyecto es de tipo empírico analítico, cuyo interés es netamente técnico orientado a la interpretación y la transformación de datos de operación de las aeronaves Boeing 727 y tareas del programa de confiabilidad actual de la compañía LAS.

- **Línea de investigación de USB /Sub línea de facultad/ Campo temático del programa**

El campo temático del programa de ingeniería aeronáutica es energía y vehículos. La sub línea de investigación de la facultad es instrumentación y control de procesos y la línea de investigación de la Universidad de San Buenaventura es tecnologías actuales y sociedad.

7.2 FASES DEL PROCESO INGENIERIL.

Se procede a acumular toda la información necesaria relacionada con los reportes de confiabilidad y operación de la flota de aeronaves, que permitan iniciar con una descripción detallada y un registro de todos los eventos relacionados con el mantenimiento de las aeronaves que se han efectuado durante el periodo que se va a analizar, estos registros de mantenimientos será de las tareas de mantenimiento realizadas para la prevención y la corrección de los fallos presentados en las aeronaves durante su operación, estas tareas de mantenimiento serán ejecutadas por personal técnico competente y certificado con sus debidas licencias. Después de realizado este registro, se procede a revisar el

resumen operacional de la flota de aeronaves facilitado por la empresa, para luego realizar un estudio de la disponibilidad de la flota y determinar que aeronaves se encontraban operativas y cuales se encontraban en tierra en labores de mantenimiento o debido a otra circunstancia que hubiese generado su detenimiento en tierra.

Posteriormente se realiza un análisis de los informes de confiabilidad por sistemas, para determinar cuál de éstos es el más crítico en la seguridad de la aeronave en vuelo y así detectar que componentes son los que están presentando falencias en sus perfiles de funcionamiento. Una vez finalizado, se procede a realizar un análisis de componentes *On-condition*, que más presentaron fallos durante el tiempo de operación de la aeronave y cuya falla inesperada en su funcionamiento obliga a la puesta en tierra de la aeronave, de esta manera se puede registrar y analizar que componentes son los que mayores fallas inesperadas presentan, para luego proponer algunas tareas de mantenimiento que puedan solucionar el problema.

El periodo de estudio de este análisis es de tres años, comprendido entre el año 2010 al 2012. Se limita a este periodo de estudio ya que no se pudo encontrar registros y/o reportes de fallos confiables anteriores a este periodo.

Consecuentemente se realiza una revisión de los incidentes significativos que haya sufrido las aeronaves, los cuales inciden en la disponibilidad de éstos para así determinar cuáles son los eventos relacionados con la operación que dejan las aeronaves en tierra para labores de reparación y/o mantenimiento.

Finalmente se realizaría el análisis de estos componentes aplicando la filosofía MSG-3 para redactar un documento con las recomendaciones de mantenimiento relacionadas con la confiabilidad de los componentes de la flota de aeronaves para así mejorar y reducir el tiempo de las labores y costos de los procesos

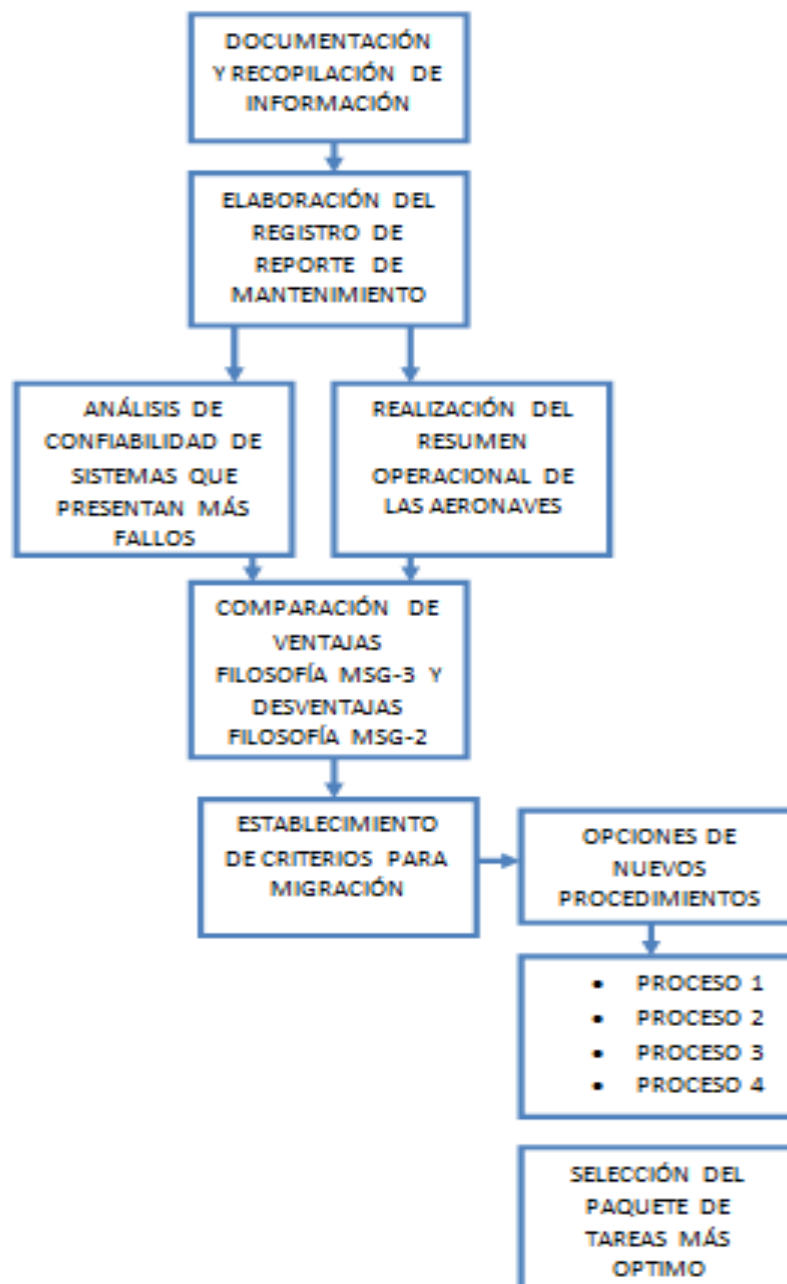
realizados a las aeronaves, permitiendo así incrementar su disponibilidad garantizando una operación segura.

La revisión de los componentes y sistemas en el programa de confiabilidad de la empresa se realizará mediante tablas de datos, las cuales existen para la flota Boeing 727, y las aeronaves seleccionadas serán las de matrícula HK4401 y HK4154.

Los sistemas de estas aeronaves, se encuentran divididos según los capítulos ATA, establecidos en los manuales de mantenimiento de estas aeronaves. Principalmente lo que se planea hacer es identificar las debilidades de la filosofía que actualmente funciona en el programa de confiabilidad de la empresa (MSG-2), para que éste pueda corregir y prevenir los fallos que se presentan en la flota de aeronaves y evitar que estos afecten la seguridad de sus operaciones. De igual forma se procede a rediseñar algunas tareas que permitan migrarlo a la nueva filosofía MSG-3 y demostrar los beneficios económicos que la empresa obtendría con la implementación de esta nueva filosofía.

7.3 METODOLOGÍA DEL TRABAJO

El diagrama muestra el procedimiento del análisis del programa de confiabilidad actual, y los pasos que se realizarán para la evaluación de los componentes que presentan más fallas durante el periodo de operación, y la comparación entre filosofías para mejorar las desventajas del MSG-2 con respecto al MSG-3 y realizar formulación de la propuesta de mejora del programa, y elegir el grupo de procesos más confiable permitiendo la migración a la nueva filosofía y logrando la reducción de costos de operación.



Fuente: los autores.

Figura 11. Metodología del trabajo

8. MARCO LEGAL O NORMATIVO

El mejoramiento del programa de confiabilidad va de acuerdo a criterios obtenidos mediante la consulta de documentos y la experiencia que se ha recopilado en la industria aeronáutica, sin embargo, todos los Programas de confiabilidad se encuentran vigilados por un ente regulador en cada país, el cual está encargado de regular los procesos llevados dentro del programa de confiabilidad de una empresa de transporte aéreo, en Colombia es la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, el cual cuenta con un grupo de Inspectores de Aeronavegabilidad que desarrollan esta labor de vigilancia, para que los procesos llevados dentro una aérea comercial y es así que las regulaciones aeronáuticas aplicables a esta propuesta de mejoramiento del programa de confiabilidad de la empresa Líneas Aéreas Suramericanas (LAS) son inicialmente el Manual General de Mantenimiento del operador según la Sección 3 "Requerimientos del Manual General de Mantenimiento" de la Parte 4 del Reglamento Aeronáutico Colombiano (RAC). Igualmente se siguen las directrices establecidas en la Circular informativa 5103-082-10, donde se estipulan todos los pasos para la elaboración del Manual General de Mantenimiento para empresas comerciales de transporte aéreo regular y no regular (RAC. Parte 4ª Cap. V y VI) y la Circular Informativa 5103-082-017 de la Aeronáutica Civil donde se estipulan todos los pasos para la presentación de un programa de confiabilidad,, esto además ayudado por la circular informativa 5103-082-09 relacionada con el sistema continuo de análisis y vigilancia en el cual se establecen los procedimientos que todo operador debe tener para poder asegurar y garantizar todas las tareas relacionadas con su sistema de mantenimiento.

9. DESARROLLO INGENIERIL

9.1 CRITERIOS EXIGIDOS POR LA AERONÁUTICA CIVIL COLOMBIANA PARA EL PROGRAMA DE DE CONFIABILIDAD DE LA COMPAÑÍA LAS

Las normas aeronáuticas que aplican en la implementación de un programa de confiabilidad dentro de la Empresa aeronáutica que se certifica como Empresa de Transporte Aéreo, son el Manual General de Mantenimiento del operador, “Requerimientos del Manual General de Mantenimiento” en la parte cuarta del Reglamento Aeronáutico Colombiano (RAC) “NORMAS DE AERONAVEGABILIDAD Y OPERACIÓN DE AERONAVES”; igualmente se debe cumplir con la Circular Informativa CI-5103-082-17 de la aeronáutica civil, donde se encuentran los pasos para llevar a cabo la implementación de un programa de confiabilidad para un empresa aérea, sin embargo cabe resaltar que la Circular Informativa de la UAEAC, es solo un modelo sugerido para llevar a cabo un programa de confiabilidad.

De acuerdo a la CI, el programa de confiabilidad debe llevar:

- Una descripción general del programa de confiabilidad.
- Aplicación del programa por tipo/modelo de flota de aeronaves, por matrícula o serie número, como sea apropiado.
- La estructura organizacional, deberes y responsabilidades.
- Procedimientos para establecer y revisar los estándares de rendimiento.
- Sistema de recolección de datos.
- Métodos para análisis de datos.
- Reporte y presentación de los datos.
- Programa para acciones correctivas.

- Modificación al programa de confiabilidad.
- Definiciones de términos significativos usados en el programa de confiabilidad.
- Una copia y la explicación de todos los formatos utilizados en el programa.
- Control de revisión y aprobación de las revisiones al documento de programa de confiabilidad.
- Copia y explicación de todos los formatos usados por el sistema.
- Control de revisiones y certificación de revisiones al documento.

Los elementos anteriores, son criterios para obtener la aprobación de la UAEAC del programa de confiabilidad para la empresa, sin embargo, este proyecto está enfocado a desarrollar un programa de confiabilidad de componentes, sin interés alguno de obtener por ahora una aprobación por parte de la entidad reguladora UAEAC. Esto con el fin de evaluar la eficiencia del programa de confiabilidad antes de ser llevado a la aprobación de la UAEAC.

Cabe resaltar que para poder llevar a cabo este proyecto, se requieren de algunos ítems establecidos en la Circular Informativa como son:

- Procedimientos para establecer y revisar los estándares de rendimiento.
- Sistema de recolección de datos.
- Métodos para análisis de datos.

En la Circular Informativa CI-5103-082-09, El sistema de análisis y vigilancia continua se debe incluir en el Manual General de Mantenimiento del propietario del Certificado de Operación o Permiso de Operación bajo Resolución como aplique. El sistema debe asegurar que los programas de confiabilidad son los adecuados y confirmar que sea seguido y controlado correctamente. La UAEAC requiere que los programas de confiabilidad de las aeronaves sean ajustados con base a las deficiencias o irregularidades que revele el sistema de análisis y vigilancia continúa.

El sistema de análisis y vigilancia continua debe tener procedimientos efectivos para monitorear y auditar los diferentes aspectos que intervienen en el Sistema de Mantenimiento, específicamente en lo siguiente:

A. Auditoría

La auditoría debe incluir examen de aspectos administrativos y supervisión de mantenimiento aplicado, incluyendo mantenimiento hecho fuera de las facilidades propias. La auditoría debe asegurar que en la base principal y en las auxiliares se siguen los procedimientos aprobados en el Manual General de Mantenimiento. La auditoría incluye:

- Asegurar que el personal técnico tenga sus licencias debidamente habilitadas y vigentes, que tienen un entrenamiento permanente, acordes con las labores asignadas.
- Asegurar que el "retorno al servicio" de una aeronave o componente sea ejecutado por personal autorizado y según procedimiento de su M.G.M.
- Asegurar que tanto los procedimientos establecidos en el MGM y en los Manuales de las aeronaves estén siendo utilizados en el desarrollo de las labores asignadas.
- Asegurar que los Manuales, formularios / tarjetas de trabajos estén actualizadas al día, estén disponibles para su uso y sean realmente utilizados.
- Asegurar que las herramientas y equipos utilizados sean las recomendadas por el Fabricante de los productos aeronáuticos, estén calibrados, cuando

lo requieran, y existan en suficiente cantidad y apropiados para las labores ejecutadas.

- Asegurar que las alteraciones / reparaciones mayores sean clasificadas adecuadamente y ejecutadas con documentos previamente aprobados, si fuesen mayores, ver RAC numerales 4.1.10.b); 4.5.7.13. y 4.6.4.14.
- Asegurar el seguimiento de componentes removidos y reporte de condición encontrada durante desarme o visita a taller, tendiente a ajustar el tiempo entre reparación general. (*Overhaul*).
- Asegurar que los talleres externos estén adecuadamente autorizados, clasificados, controlados y equipados para ejecutar los trabajos contratados según M.G.M del Operador. Además, asegurar que sigan estrictamente los RAC.
- Asegurar que los suministros de consumo y repuestos estén adecuadamente almacenados y protegidos. Además, asegurar que la procedencia de repuestos sea confirmada hasta un fabricante aprobado (trazabilidad).

B. Análisis Operacional

El análisis operacional incluye monitoreo y respuesta a situaciones de emergencia relativo al rendimiento (performance) de los sistemas de la aeronave, incluyendo motores y componentes. Esta función incluye:

- a) Monitoreo día a día. Envuelve análisis de problemas mecánicos que afectan las aeronaves en la operación de las ultimas veinticuatro (24) horas calendario.
- b) Monitoreo de la respuesta de la organización a situaciones de emergencia operacional. La forma de identificar y determinar las causas de la emergencia o situación crítica buscando acciones correctivas tendientes a eliminar la repetición de dichas situaciones.

9.2 Recopilación de datos.

La búsqueda y recolección de datos es la primera etapa del proceso de optimización al programa de confiabilidad. Esta etapa es de gran importancia, puesto que los resultados que se obtendrán del análisis dependen directamente de los datos recopilados. Estos datos deben reflejar de una manera clara, precisa y objetiva el comportamiento de cada sistema del avión.

Toda la información recolectada contiene datos de los últimos dos años, porque aquí, se identifican acertadamente las tendencias e índices de confiabilidad que tienen los sistemas.

9.2.1 Sistema de recolección de información.

Esta etapa no está incluida entre los objetivos a cumplir, sin embargo es fundamental para mejorar la gestión de mantenimiento del sistema. Se basó en crear un método o sistema para documentar todo lo concerniente al sistema. Las técnicas empleadas fueron constantes entrevistas con el Equipo Natural de Trabajo y revisión de manuales de equipos y libros técnicos del área de mantenimiento.

Al ocurrir una falla generalmente el departamento de operaciones es el primero en detectarla, por lo que son los que informan a confiabilidad la ocurrencia de la misma. Al presentar la falla si el equipo se para operaciones deberá rellenar la hoja de registro de falla con ayuda del personal de Mantenimiento de ser necesario. Programación y supervisor del área involucrada (Mecánica, Electricidad e Instrumentación) realizan la preparación del mantenimiento, de allí el personal realiza la actividad hasta que el equipo sea reparado y entregado a operaciones. Posteriormente el personal de confiabilidad estará encargado de reflejar verazmente en la hoja de intervenciones la actividad realizada.

9.2.2 Fuentes de información

Antes de establecer las fuentes de información se deben identificar los inconvenientes que afectan la operación de la flota. Estos inconvenientes se dividen en cuatro grandes grupos:

- Inconvenientes que causan demoras
- Inconvenientes que generan reportes técnicos o de piloto
- Inconvenientes que causan remociones no programadas
- Inconvenientes que generan reportes de mantenimiento

Toda compañía de transporte aéreo debe consignar esta información en un documento llamado informe de confiabilidad y el registro del mantenimiento programado de cada avión.

9.3 Informes de confiabilidad

La compañía LAS (Líneas Aéreas Suramericanas) cuenta con un departamento de confiabilidad, el cual se encarga de analizar toda la información que se recibe de los departamentos de mantenimiento y de operaciones. Este departamento se constituye en una de las principales fuentes de información, debido a que elabora un informe mensual del rendimiento de las 7 Aeronaves B727-100/200/Super27, que componen la flota de la compañía. En este informe se describe con detalle la eficiencia que se tiene en las operaciones, así como los inconvenientes presentados durante el último mes. Toda la información es presentada de acuerdo a la identificación ATA con el objeto de clasificar cada sistema de la aeronave.

De estos informes se extrajo lo siguiente:

- Sistemas que causan mayor número de demoras. Se tuvieron en cuenta las demoras de más de 15 minutos.
- Sistemas que generan mayor número de reportes técnicos o de piloto
- Sistemas que causan mayor número de remociones no programadas.

La cantidad de demoras, reportes técnicos y remociones no programadas de la flota depende directamente su utilización. Es decir, el numero de demoras causadas por la flota en un mes puede variar de acuerdo a las horas de vuelo o al número de ciclos que la flota realizo durante el mes. Por esta razón, los datos recolectados (véase tablas 14 y 15) corresponden al índice de cada una de estas cantidades por hora de vuelo.

MES	Tasa de Demoras	ATA	Tasa de remociones no programadas
ENERO	0	22	27.33
	0	22	13.67
	0	27	15.21
	0	30	7.60
FEBRERO	0	32	13.67
	0	32	6.83
	0	32	7.60
	0	32	15.21
	0	36	13.67
MARZO	0	21	13.67
	0	27	2.28
	0	27	2.28
	0	30	1.14
	0	32	5.55
	0	32	5.07
ABRIL	0	28	2.77
	0	30	11.09
	0	32	11.09
MAYO	0	27	100.84
	0	27	100.84
	0	32	100.84
	0	32	12.61
	0	-	-
JUNIO	0	-	-
JULIO	0	22	163.08
	0	22	81.54
	0	32	81.54
	0	-	-
AGOSTO	0	-	-
SEPTIEMBRE	0	32	56.60
	0	22	113.21
OCTUBRE	0	32	22.76
	0	30	45.53
	0	22	91.05
NOVIEMBRE	1	22	75.95
DICIEMBRE	0	22	75.95

**Tabla 14. Datos de efectividad de la flota B727-100/200/SUPER 27 Aeronaves
HK 4401 Y HK 4154 AÑO 2012**

MES	Tasa de Demoras	ATA	Tasa de remociones no programadas
ENERO	0	21	55.60
FEBRERO	0	32	55.60
MARZO	0	22	12.06
	0	22	12.06
	0	32	6.63
ABRIL	0	22	12.06
	0	22	12.06
	0	29	12.06
	0	30	12.06
MAYO	0	28	4.02
JUNIO	0	22	12.67
	0	22	12.67
	0	22	6.34
	0	22	12.67
	0	32	3.17
JULIO	0	-	-
AGOSTO	0	-	-
SEPTIEMBRE	0	22	22,18
OCTUBRE	0	22	22.18
	0	22	11.09
	0	26	22.18
NOVIEMBRE	0	22	4.56
	0	22	13.67
	0	22	6.83
	0	29	22.18
	0	29	15.21
	0	32	7.60
	0	32	7.60
	0	36	4.16
DICIEMBRE	0	22	13.67
	0	22	6.83
	0	32	3.42
	0	32	6.83
	0	21	11.09
	0	22	7.60
	0	26	4.16

**Tabla 15. Datos de efectividad de la flota B727-100/200/SUPER 27 Aeronaves
HK 4401 Y HK 4154 AÑO 2011**

9.4 Fuentes de información

Constituye otra fuente de información, debido a que en él se encuentran datos de los reportes. Generados en las inspecciones que se efectúan durante los servicios de mantenimiento de cada aeronave.

De estos reportes se extrajo la siguiente información:

- Tipo de servicio
- Cantidad de reportes generados para cada sistema de la aeronave
- Tipo de discrepancia encontrada

Durante la selección de los reportes de inspección se debe tener en cuenta el tipo de discrepancia encontrada, ya que algunos de estos contemplan discrepancias que afectan la aeronavegabilidad del avión. Tal es el caso de los reportes que solicitan efectuar limpieza a componentes, procesos de repintado de partes y servicio a baños y cocina. Esta información fue encontrada dentro de un software especializado que utiliza LAS para llevar control y registro de todas sus operaciones.

9.4.1. Organización de los datos.

Para una fácil interpretación de los datos recolectados estos se deben organizar. Para este efecto se utilizó el programa Excel, donde, se clasificaron los datos de acuerdo a la identificación ATA en cuatro grupos: demoras, reportes técnicos, remociones no programadas y reportes de mantenimiento.

Posteriormente, se promediaron los índices de cada Sistema ATA 3 años y se preseleccionaron los cinco sistemas que presentaron los mayores índices de demoras, reportes técnicos y remociones no programadas. Para el caso de los reportes de mantenimiento simplemente se sumaron y se preseleccionaron los cinco sistemas con mayor número de reportes.

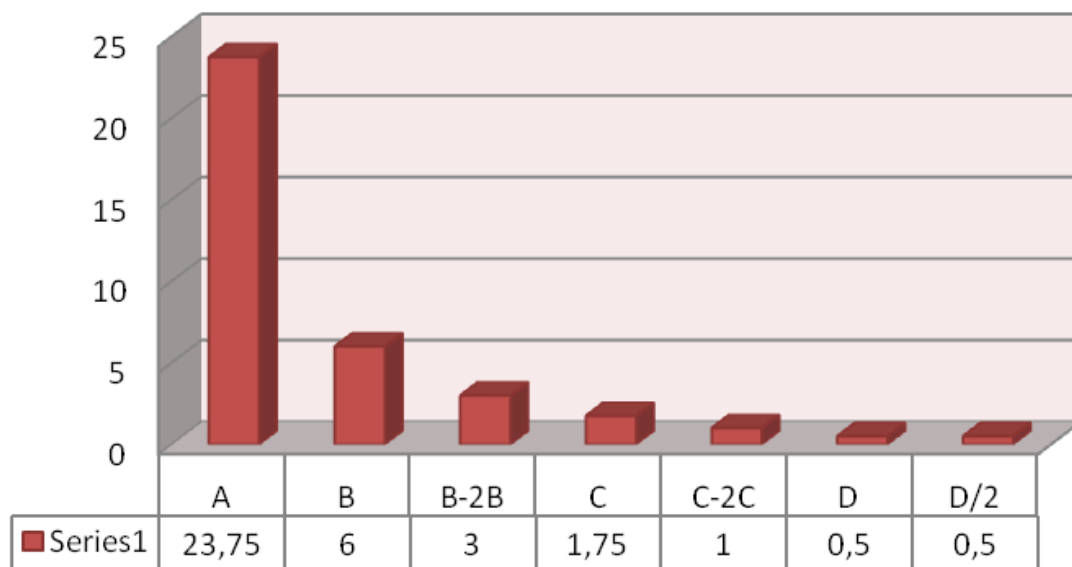


Figura 12. Servicios realizados durante los periodos 2010, 2011, 2012

9.5 Identificación de sistemas a analizar.

En este paso del proceso se grafican y analizan los sistemas que presentaron mayor índice de inconvenientes. Se debe tener en cuenta que para aplicar el método lógico de análisis MSG-3 hay que profundizar la investigación hasta determinar los subsistemas o componentes que están generando inconvenientes. Para cada caso, los criterios de selección variaron de acuerdo al comportamiento del sistema durante los dos últimos años de operación.

9.5.1. Demoras

Debido a que el análisis se realizó a solo dos aeronaves HK4401 Y HK4154 los cuales no presentaron reportes significativos de demoras en los periodos establecidos al análisis.

9.5.2 Reportes técnicos.

Los reportes técnicos deben ser reportados a la autoridad por capítulos ATA en formas gráficas y/o tabulares como un conteo y con la tasa para el periodo de tiempo definido, y una comparación con respecto al nivel de alerta. Hay que tener en cuenta que algunos tipos de defectos reportados por el piloto de la aeronave no son un indicador de confiabilidad.

En este subsistema de análisis se toman en cuenta todos los reportes técnicos, efectuados por los pilotos. Esto no hace distinción si la discrepancia o reporte a ocasionado demora o cancelación, ni si está involucrado con el control de la lista de equipo mínimo.

Cuando posteriormente se compruebe la falla se realizara el análisis, **el Sistema de alerta** que mide el deterioro de los subsistemas de la aeronave, es la comparación de datos respecto a un estándar que representa un desempeño aceptable.

Durante el desarrollo de los análisis se podrá hacer referencia a otros sistemas de análisis y complementar los resultados o avances entre ellos mismos.

Los datos disponibles en este caso determinan directamente el subsistema que está generando reportes. Sabemos que los subsistemas que más han generado reportes son: (ATA 22) y la (ATA 27).

En las figuras se observa el comportamiento de los sistemas. El ATA 28 y 29, aunque no presentaron la mayor tasa de reportes, muestra inconvenientes durante el año 2011, esto indica que la compañía identificó el inconveniente y tomo una acción correctiva. Por esta razón se decidió analizarlos.

- **REPORTES DE PILOTO MENSUALES POR SISTEMAS ATA - FLOTA B727-200 / Súper 27**

	AÑO 2010	
	ATA 21	ATA 22
ENERO	2	1,33
FEBRERO	1,08	0,54
MARZO	1,97	0
ABRIL	1,13	1,69
MAYO	1,07	0,53
JUNIO	1,83	0,61
JULIO	2,5	2
AGOSTO	5,41	0
SEPTIEMBRE	1,65	1,24
OCTUBRE	3,5	0,39
NOVIEMBRE	1,12	0,74
DICIEMBRE	1,44	2,17

	AÑO 2011	
ENERO	1,54	2,56
FEBRERO	1,37	0,69
MARZO	0,77	3,47
ABRIL	2,46	1,64
MAYO	0,96	3,85
JUNIO	2,16	5,41
JULIO	3,39	1,69
AGOSTO	2,78	2,78
SEPTIEMBRE	2,3	2,3
OCTUBRE	1,25	3,33
NOVIEMBRE	0,49	4,85
DICIEMBRE	0,44	0,88

	AÑO 2012	
ENERO	0	1,52
FEBRERO	0	1,5
MARZO	1,6	2,66
ABRIL	1,29	1,29
MAYO	0	0,68
JUNIO	0,68	2,05
JULIO	0,92	2,75
AGOSTO	0	0,87
SEPTIEMBRE	0,66	0,66
OCTUBRE	0	0,67
NOVIEMBRE	1,27	2,53
DICIEMBRE	0,54	1,61

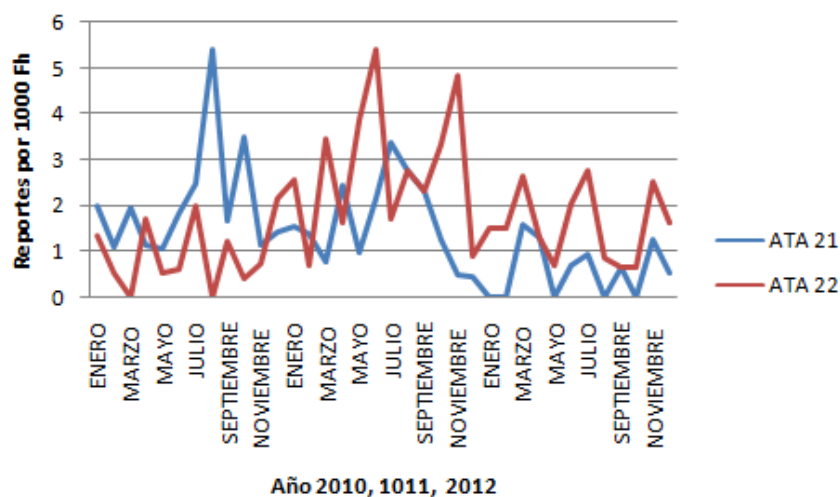


Tabla 16. Reportes de piloto mensuales sistemas ATA 21 Y 22 - Flota B727-200 / Súper 27

- **REPORTES DE PILOTO MENSUALES POR SISTEMAS ATA - FLOTA B727-100-200 / Súper 27**

	ATA 21	ATA 22
ENERO	6,25	4,17
FEBRERO	6,67	3,33
MARZO	3,51	5,26
ABRIL	2,56	0
MAYO	0	0
JUNIO	0	0
JULIO	0	4,08
AGOSTO	3,33	6,67
SEPTIEMBRE	0	2,63
OCTUBRE	0	0
NOVIEMBRE	2,27	2,27
DICIEMBRE	4	0

ENERO	6,12	0
FEBRERO	0	0
MARZO	1,35	4,05
ABRIL	2,63	0
MAYO	0	0
JUNIO	3,39	8,47
JULIO	0	0
AGOSTO	0	6,67
SEPTIEMBRE	2,86	2,86
OCTUBRE	0	12,12
NOVIEMBRE	0	2,7
DICIEMBRE	1,47	1,47

ENERO	2,78	2,78
FEBRERO	0	0
MARZO	0	0
ABRIL	0	0
MAYO	0	2,38
JUNIO	0	0
JULIO	0	10
AGOSTO	0	4,55
SEPTIEMBRE	0	8
OCTUBRE	2,78	2,78
NOVIEMBRE	0	9,09
DICIEMBRE	2,7	0

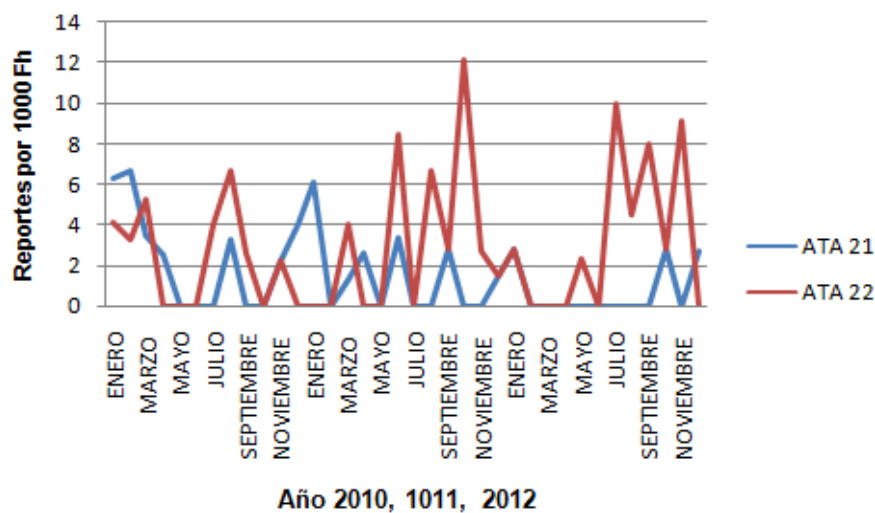


Tabla 17. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 21 Y 22 - Flota B727-200 / Súper 27

- **REPORTES DE PILOTO MENSUALES POR SISTEMAS ATA - FLOTA B727-200 / Súper 27**

	ATA 26	ATA 27
ENERO	1,33	1,33
FEBRERO	1,08	1,08
MARZO	0	0,49
ABRIL	0	1,69
MAYO	0,53	3,21
JUNIO	0,61	0,61
JULIO	0	1,5
AGOSTO	0,54	2,16
SEPTIEMBRE	0,41	2,07
OCTUBRE	0,39	0,39
NOVIEMBRE	0	1,49
DICIEMBRE	0	1,08

ENERO	0	2,05
FEBRERO	0	1,03
MARZO	0,39	0
ABRIL	1,23	1,23
MAYO	0	2,88
JUNIO	0,54	2,16
JULIO	0	1,13
AGOSTO	0	2,08
SEPTIEMBRE	0,46	0,46
OCTUBRE	0	0,42
NOVIEMBRE	0,49	1,94
DICIEMBRE	1,43	0,44

ENERO	0	2,27
FEBRERO	1,87	1,12
MARZO	0	0,53
ABRIL	1,29	1,29
MAYO	1,36	0
JUNIO	0	0,68
JULIO	0	1,83
AGOSTO	0	0,87
SEPTIEMBRE	0	0
OCTUBRE	0,67	0
NOVIEMBRE	0	0,63
DICIEMBRE	0	0,54

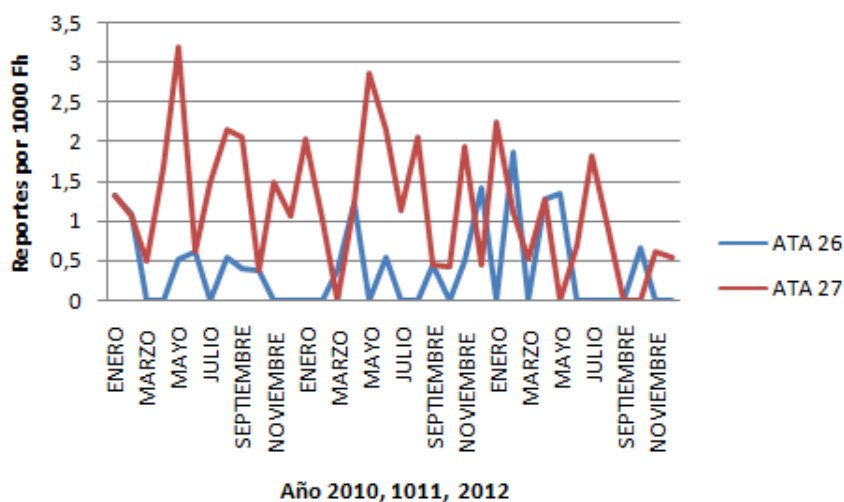


Tabla 18. Reportes de piloto mensuales sistemas ATA 26 Y 27 - Flota B727-200 / Súper 27

- **REPORTES DE PILOTO MENSUALES POR SISTEMAS ATA - FLOTA B727-100-200 / Súper 27**

	ATA 26	ATA 27
ENERO	0	0
FEBRERO	1,67	3,33
MARZO	3,51	1,75
ABRIL	0	0
MAYO	0	0
JUNIO	0	11,11
JULIO	4,08	14,29
AGOSTO	3,33	0
SEPTIEMBRE	0	2,63
OCTUBRE	0	0
NOVIEMBRE	0	2,27
DICIEMBRE	0	2

ENERO	0	2,04
FEBRERO	0	10,81
MARZO	0	4,05
ABRIL	0	2,63
MAYO	3,57	0
JUNIO	0	1,69
JULIO	0	5,41
AGOSTO	0	3,33
SEPTIEMBRE	2,86	0
OCTUBRE	3,03	3,03
NOVIEMBRE	0	0
DICIEMBRE	0	0

ENERO	0	0
FEBRERO	0	3,33
MARZO	0	1,89
ABRIL	0	0
MAYO	0	9,52
JUNIO	0	2,7
JULIO	0	0
AGOSTO	0	0
SEPTIEMBRE	0	0
OCTUBRE	0	0
NOVIEMBRE	0	3,03
DICIEMBRE	0	1,35

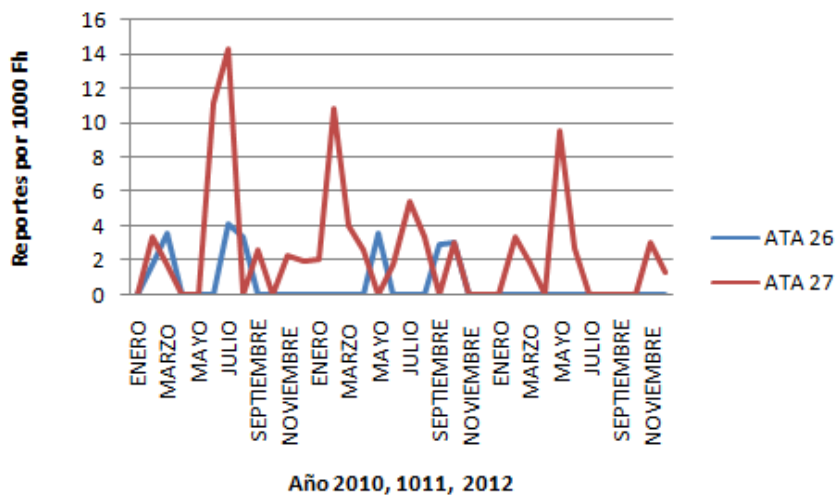


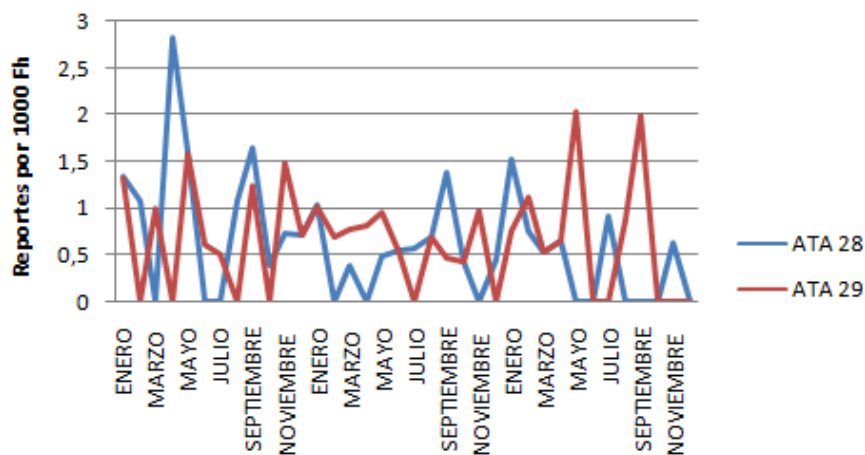
Tabla 19. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 26 Y 27 - Flota B727-200 / Súper 27

- **REPORTES DE PILOTO MENSUALES POR SISTEMAS ATA - FLOTA B727-200 / Súper 27**

	ATA 28	ATA 29
ENERO	1,33	1,33
FEBRERO	1,08	0
MARZO	0	0,99
ABRIL	2,82	0
MAYO	1,6	1,6
JUNIO	0	0,61
JULIO	0	0,5
AGOSTO	1,08	0
SEPTIEMBRE	1,65	1,24
OCTUBRE	0,39	0
NOVIEMBRE	0,74	1,49
DICIEMBRE	0,72	0,72

ENERO	1,03	1,03
FEBRERO	0	0,69
MARZO	0,39	0,77
ABRIL	0	0,82
MAYO	0,48	0,96
JUNIO	0,54	0,54
JULIO	0,56	0
AGOSTO	0,69	0,69
SEPTIEMBRE	1,38	0,46
OCTUBRE	0,42	0,42
NOVIEMBRE	0	0,97
DICIEMBRE	0,44	0

ENERO	1,52	0,76
FEBRERO	0,75	1,12
MARZO	0,53	0,53
ABRIL	0,65	0,65
MAYO	0	2,04
JUNIO	0	0
JULIO	0,92	0
AGOSTO	0	0,87
SEPTIEMBRE	0	1,99
OCTUBRE	0	0
NOVIEMBRE	0,63	0
DICIEMBRE	0	0



Año 2010, 1011, 2012

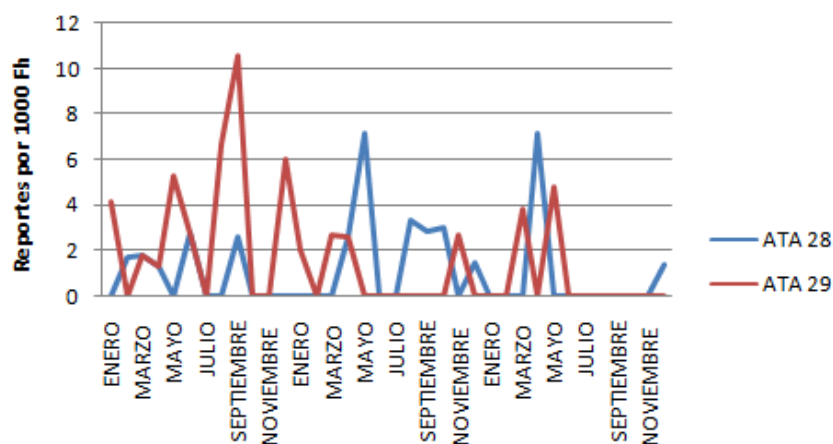
Tabla 20. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 28 Y 29 - Flota B727-200 / Súper 27

- **REPORTES DE PILOTO MENSUALES POR SISTEMAS ATA - FLOTA B727-100-200 / Súper 27**

	ATA 28	ATA 29
ENERO	0	4,17
FEBRERO	1,67	0
MARZO	1,75	1,75
ABRIL	1,28	1,28
MAYO	0	5,26
JUNIO	2,78	2,78
JULIO	0	0
AGOSTO	0	6,67
SEPTIEMBRE	2,63	10,53
OCTUBRE	0	0
NOVIEMBRE	0	0
DICIEMBRE	0	6

ENERO	0	2,04
FEBRERO	0	0
MARZO	0	2,7
ABRIL	2,63	2,63
MAYO	7,14	0
JUNIO	0	0
JULIO	0	0
AGOSTO	3,33	0
SEPTIEMBRE	2,86	0
OCTUBRE	3,03	0
NOVIEMBRE	0	2,7
DICIEMBRE	1,47	0

ENERO	0	0
FEBRERO	0	0
MARZO	0	3,77
ABRIL	7,14	0
MAYO	0	4,76
JUNIO	0	0
JULIO	0	0
AGOSTO	0	0
SEPTIEMBRE	0	0
OCTUBRE	0	0
NOVIEMBRE	0	0
DICIEMBRE	1,35	0



Año 2010, 1011, 2012

Tabla 21. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 28 Y 29 - Flota B727-200 / Súper 27

- **REPORTES DE PILOTO MENSUALES POR SISTEMAS ATA - FLOTA B727-200 / Super 27**

	ATA 30	ATA 32
ENERO	0	0,67
FEBRERO	0	3,23
MARZO	0	2,46
ABRIL	1,69	2,82
MAYO	0,53	4,28
JUNIO	0,61	0
JULIO	1	2
AGOSTO	0,54	2,16
SEPTIEMBRE	1,24	2,07
OCTUBRE	1,17	1,56
NOVIEMBRE	1,49	1,49
DICIEMBRE	1,08	2,17

ENERO	0	0
FEBRERO	1,03	4,47
MARZO	0,39	1,16
ABRIL	0,41	0
MAYO	0	1,92
JUNIO	0,54	1,08
JULIO	0,56	1,13
AGOSTO	0,69	2,08
SEPTIEMBRE	0	0,92
OCTUBRE	1,67	0,42
NOVIEMBRE	0,97	2,91
DICIEMBRE	0	0,88

ENERO	0,76	5,3
FEBRERO	0	2,25
MARZO	0	4,26
ABRIL	2,58	3,23
MAYO	1,36	2,04
JUNIO	0,68	0
JULIO	3,67	4,59
AGOSTO	0	1,74
SEPTIEMBRE	0,66	1,32
OCTUBRE	0,67	2,01
NOVIEMBRE	0	5,7
DICIEMBRE	0	0

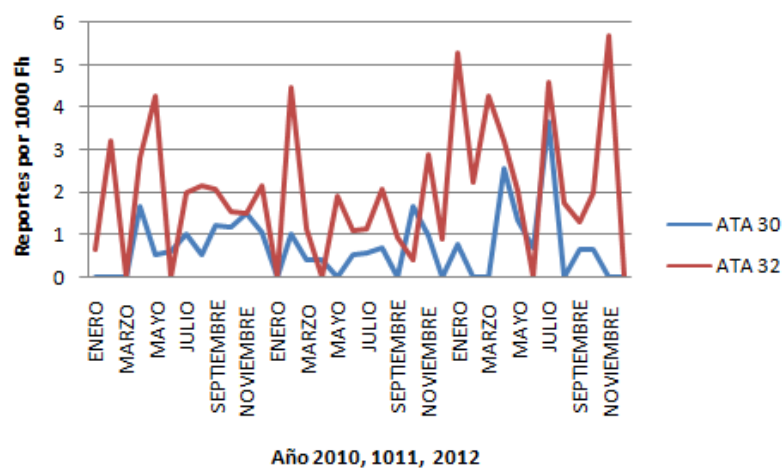


Tabla 22. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 30 Y 32- Flota B727-200 / Súper 27

- **REPORTES DE PILOTO MENSUALES POR SISTEMAS ATA - FLOTA B727-100-200 / Súper 27**

	ATA 30	ATA 32
ENERO	0	4,17
FEBRERO	0	8,33
MARZO	0	1,75
ABRIL	1,28	1,28
MAYO	5,26	0
JUNIO	0	0
JULIO	0	0
AGOSTO	0	0
SEPTIEMBRE	0	2,63
OCTUBRE	0	6,38
NOVIEMBRE	2,27	0
DICIEMBRE	0	8

ENERO	0	0
FEBRERO	0	5,41
MARZO	0	0
ABRIL	0	0
MAYO	3,57	7,14
JUNIO	0	8,47
JULIO	0	0
AGOSTO	0	0
SEPTIEMBRE	0	0
OCTUBRE	0	3,03
NOVIEMBRE	0	5,41
DICIEMBRE	0	2,94

ENERO	0	0
FEBRERO	0	3,33
MARZO	0	0
ABRIL	3,57	0
MAYO	0	2,38
JUNIO	0	8,11
JULIO	0	0
AGOSTO	0	0
SEPTIEMBRE	0	4
OCTUBRE	2,78	0
NOVIEMBRE	0	3,03
DICIEMBRE	0	4,05

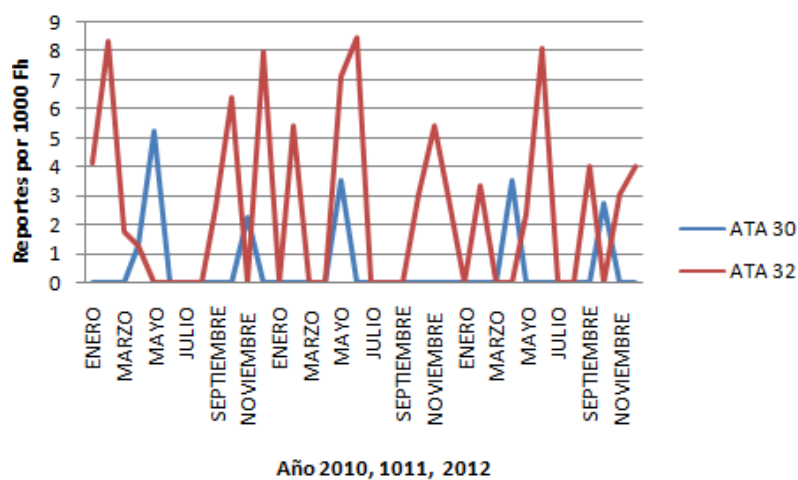


Tabla 23. Reportes de piloto mensuales Sistemas ATA 30 Y 32- Flota B727-200 / súper 27

10 REMOCIONES NO PROGRAMADAS.

El sistema que generó mayor índice de remociones no programadas fue el (ATA 22). El segundo fue el (ATA 32) pero como este sistema, tiene su propio programa de confiabilidad regido por el proceso “*On Condition*” y desarrollado por los fabricantes no se le realizara el análisis MSG-3.

Los sistemas que se grafican son: el sistema de Piloto automático “*Autopilot*” (ATA 22-) y el “aire acondicionado” (ATA 21). Véase figura 13

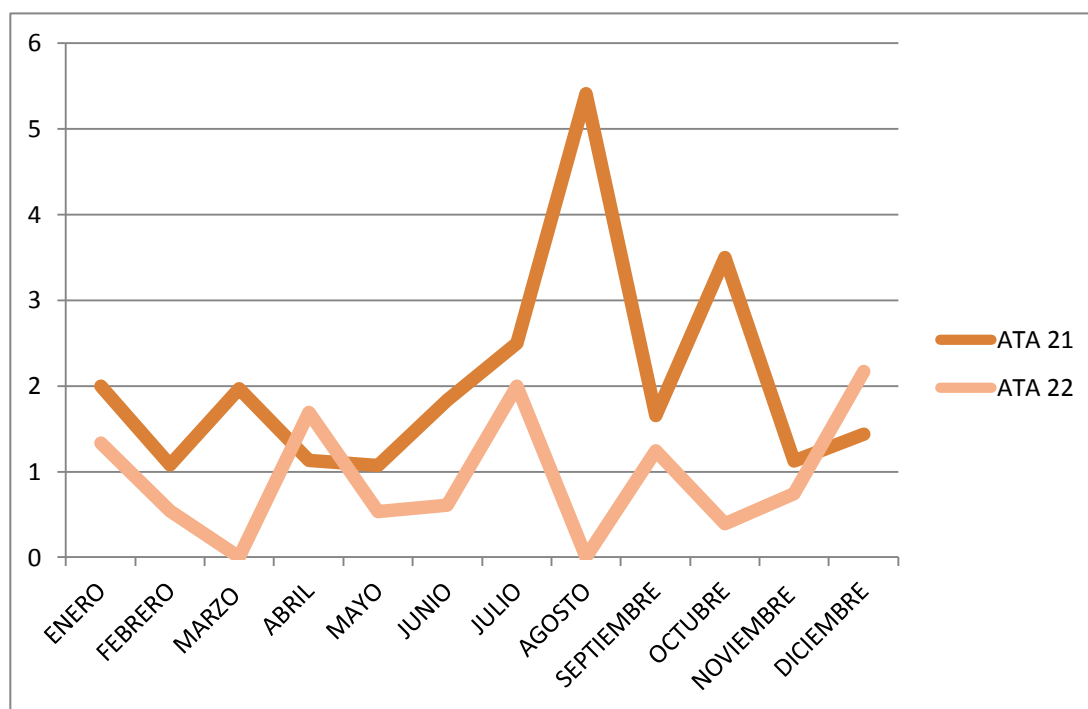


Figura 13. Sistema de Piloto automático (ATA 22-) y el “aire acondicionado” (ATA 21)

En la figura 14 se observa que el ATA 22, que es el sistema que presentó mayor tasa de remociones no programadas, mantuvo un comportamiento irregular a lo largo de los 12 meses de observación, que si bien, no muestra claramente una tendencia, el URR presenta picos altos y continuados.

Por otro lado, el ATA 22 muestra inconvenientes durante un corto tiempo, indicando que el problema fue pasajero, posiblemente causado por un componente intercambiado y no indica un problema continuado.

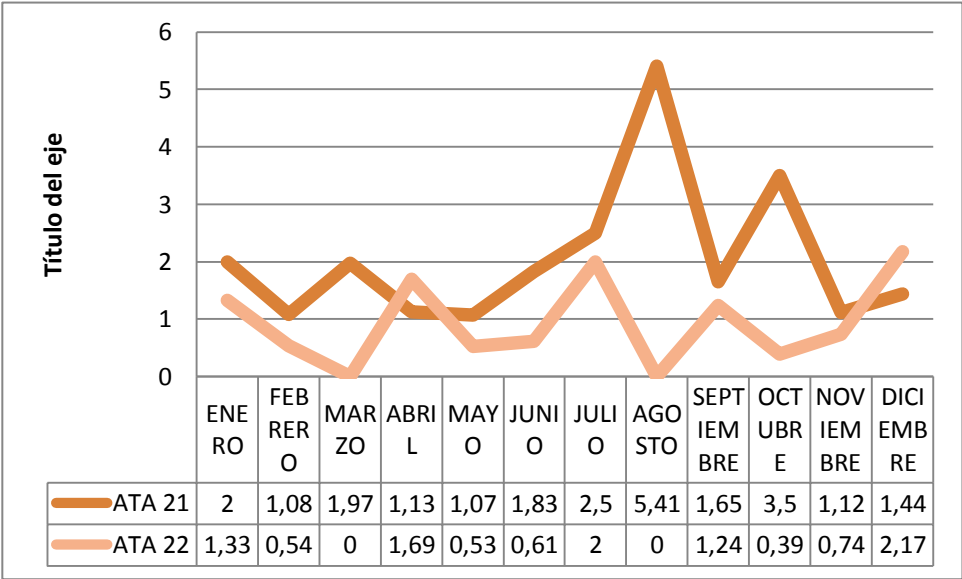


Figura 14. Sistema que presentaron mayor tasa de remociones no programadas

11. ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LA FILOSOFÍA MSG-3

Es importante aclarar en esta fase del proyecto, que la aplicación del método MSG-3 (o cualquier método de análisis de tareas de mantenimiento), demandó un extenso conocimiento de las características de funcionamiento de los sistemas seleccionados para este análisis, por lo cual se destinó un tiempo prudencial para conocerlos a fondo y su interacción con los demás sistemas de aeronave. Era necesario porque la esencia de este análisis es la determinación de los tipos y causas de las fallas, y la repercusión que tiene estas en la operación de la aeronave. La aplicación de este método comprendió tres etapas:

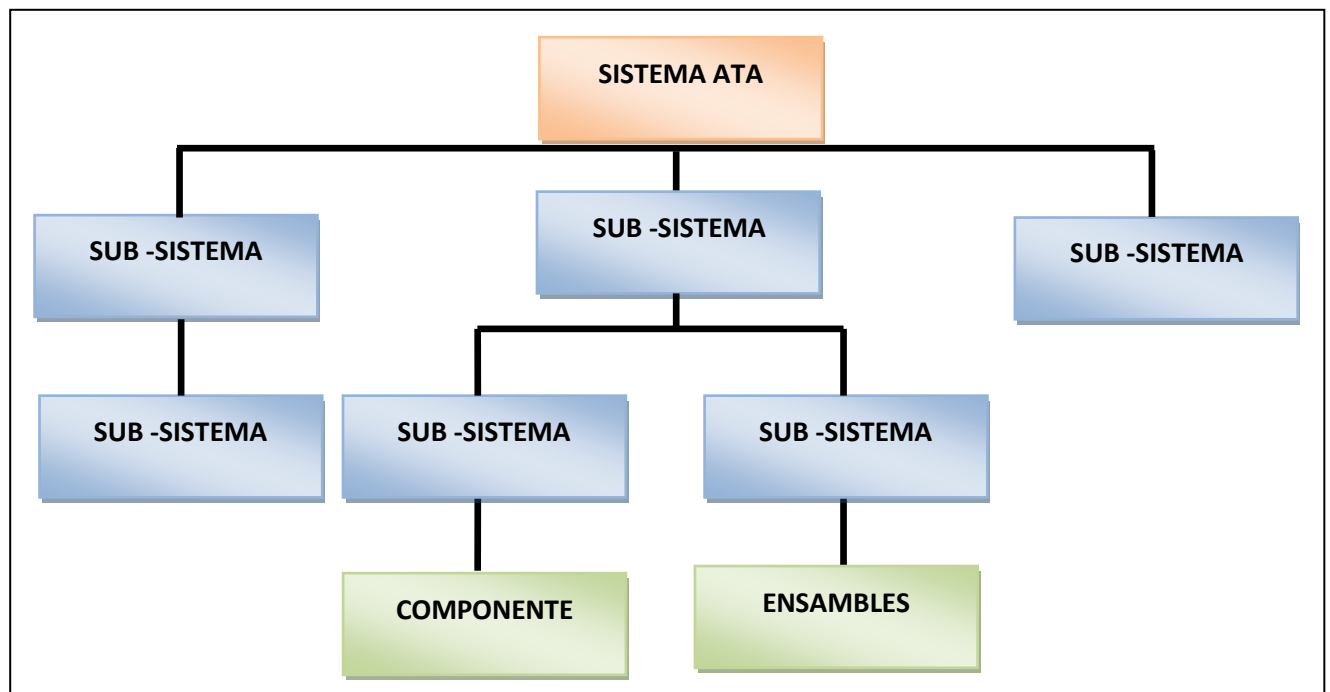
11.1 Descomposición de los sistemas por medio de la identificación ATA.

Una vez establecidos los sistemas a analizar, se dividieron en sus principales áreas funcionales: la descomposición de sistemas, subsistemas, componentes y ensambles de cada área. Se hizo por medio de la identificación ATA aplicable.

El procedimiento “Top Down” facilitó la identificación de los MSI (*Maintenance Significant Item*), debido a que comienza desde el nivel más alto (primer nivel o sistema), hasta llegar a cada una de las partes individuales que componen el sistema. La identificación de los MSI y sus ítem de análisis es un proceso conservativo que involucro juicio ingenieril y está basado en las consecuencias de las fallas.

Un MSI (*Maintenance Significant Item*), puede ser el sistema o un componente del mismo, y se puede identificar mediante la respuesta afirmativa a una de las siguientes preguntas:

1. ¿Podría la falla de este ítem afectar la seguridad?
2. ¿Podría la falla de este ítem ser indetectable durante las operaciones?
3. ¿Podría la falla de este ítem tener un impacto significativo en las operaciones?
4. ¿Podría la falla de este ítem tener un impacto económico significativo?



Fuente: Boeing maintenace support

Figura 15. Descomposición de los sistemas ATA.

Una respuesta afirmativa a cualquiera de estas preguntas califico al ítem como un MSI (*Maintenance Significant Item*)

11.2 Explicación diagrama lógico del MSG-3

El análisis de flujo MSG-3 se plasmó por medio de formatos, que permitieron organizar la información de los MSI (*Maintenance Significant Item*) de cada uno de los sistemas analizados. Estos fueron llamados formatos de análisis.

- Formatos de análisis uno: se emplea para realizar una descripción funcional de los sistemas y se denominaron “*Systems Functional Description*” (SFD). Por medio de estos se identificaron las características normales de los MSI’s y sus respectivos ítems de análisis, describiendo completamente el sistema y su funcionamiento. Estos formatos incluyen también el diagrama de bloques, que descompone el sistema y sus subsistemas en el orden de identificación ATA.
- Formato de análisis dos: (lista de MSI’s): Aquí se relacionaron los MSIs, identificando los sistemas y componentes significativos de la aeronave con su respectiva descripción. Además, contiene una columna especial que se destinó para anotaciones adicionales. Esta lista se sometió a varias revisiones para asegurar que el ítem seleccionado era efectivamente un MSI. Este formato se denominó FORM: MSI (*Maintenance Significant Item*) y se aprecia en el anexo.
- Formato de análisis tres: Se explican las características del diseño y la relación que existe con otros sistemas relevantes al MSI descrito. Estos formatos se aprecian en el anexo B y se identifican como FORM: SFD.
- Formato de análisis cuatro: se utilizó para asignar los datos de mantenibilidad y confiabilidad de cada MSI, y se denominó “*Maintainability and Reliability Data*” (MRD), posee los siguientes datos: número de referencias del manual de mantenimiento, cantidad por aeronave, parte/número del fabricante, aeronaves que lo utilizan y el tiempo medio entre remociones no programadas (MTBUR). Este tipo de formato se aprecia en el anexo B, y se identifica como FORM: MRD.

- Formato de análisis cinco: Se destinó para elaborar el cuadro de fallas funcionales y se denominó “*Functional Failure Analysis*” (FFA). Contiene un listado con la siguiente información para cada MSI:

- ✓ Función
- ✓ Falla funcional
- ✓ Efecto de la falla
- ✓ Causa de la falla

Es importante destacar que existe una relación uno a uno entre la función, falla funcional y efecto de la falla; pero un efecto de la falla podría tener más de un modo de falla. Este formato se aprecia en el anexo B y se identifica como FORM: FFA.

- Formato de análisis seis: Se usó para analizar el primer nivel de diagrama lógico MSG-3 permitiendo determinar la categoría del efecto de cada falla (evidente y oculta). Existen tres categorías de efecto evidente (seguridad, operacional y económico) y dos categorías de efecto oculto (seguridad y no seguridad). El flujo lógico se inició desde la parte superior del diagrama y las respuestas impusieron la dirección del análisis. En el anexo B se aprecia este formato y se pueden identificar como FORM: FEC (*Failure Effect Category*).
- Formato de análisis siete: Se empleó para analizar el segundo nivel del diagrama lógico MSG-3, incluyendo desde la pregunta cinco hasta la nueve, en las que se tuvieron en cuenta las causas de cada falla funcional, y permitieron determinar la tarea o combinación de tareas que eran aplicables y efectivas. Este formato se aprecia en el anexo B y se describe como FORM: TSQ (*Task Selection Questions*).

11.2.1 Cuadro de resultados de la filosofía MSG-3

Esta parte del análisis se destinó para efectuar la comparación entre las tareas e intervalos obtenidos, mediante la aplicación del método MSG-3, y las tareas establecidas dentro del OAMP. Este proceso se hizo para cada uno de los MSI de los sistemas analizados.

El cuadro elaborando contiene información referente a:

- Tipo de componente MSI(*Maintenance Significant Item*)
- Tarea existente con su respectivo número de tarjeta, tipo de tarea e intervalo
- Tarea encontrada según el análisis con un tipo de tarea e intervalo
- Acciones a implementar

Estos cuadros se aprecian en el anexo B y se encuentran en la parte final del análisis de cada sistema. Cabe destacar que las acciones a implementar por la compañía, son el resultado de la combinación entre el análisis lógico MSG-3 y la experiencia del personal a cargo del mantenimiento de las aeronaves, quienes colaboraron para la fijación de los intervalos de cumplimiento de las tareas.

Por tanto, estas acciones se ajustaron lo más cercanamente posible a la necesidad y alcances de la compañía

11.3 Componentes o/c que presentaron mayor numero de fallos en el periodo según el informe de confiabilidad

- 7-21-22 Air cycle machine O/C D/2 See MPD 4-21-05
- 7-21-44 EQUIPMENT COOLING BLOWER O/C D/2 See MPD 4-21-03
- 7-22-08 Aileron servo stop mechanism O/C C See MPD 4-22-04
- 7-22-22 Yaw damper transfer valve, autopilot O/C C See MPD 4-22-05
- 7-26-02 Engine selector control valve O/C C See MPD 4-26-05
- 7-26-01 Engine Fire extinguisher bottle O/C 2C See MPD 4-26-04
- 7-29-06 Air pressure regulator O/C C See MPD 4-29-18
- 7-29-07 Ground interconnect valve O/C C See MPD 4-29-19
- 7-30-01 Wing thermal anti-ice shutoff valve O/C C See MPD 4-30-12
- 7-36-03 engine bleed shutoff valve O/C C See MPD

12. ANALISIS FINANCIERO

Esta fase del proyecto, se realizará un estimación del porcentaje que se puede llegar a reducir, con la aplicación del programa de confiabilidad basado en la filosofía MSG-3 aplicada a las aeronaves de su flota Boeing 727 de las cuales se seleccionaron las aeronaves con las matrículas: HK 4401 Y HK4154, teniendo en cuenta que la ejecución del mismo nos mostrará una reducción significativa en los costos de mano de obra, los cuales representan el 37% del presupuesto para el departamento de mantenimiento. Permitiendo identificar la cantidad aproximada y el porcentaje del ahorro que se presenta gracias a la actualización del programa de confiabilidad a la filosofía MSG-3.

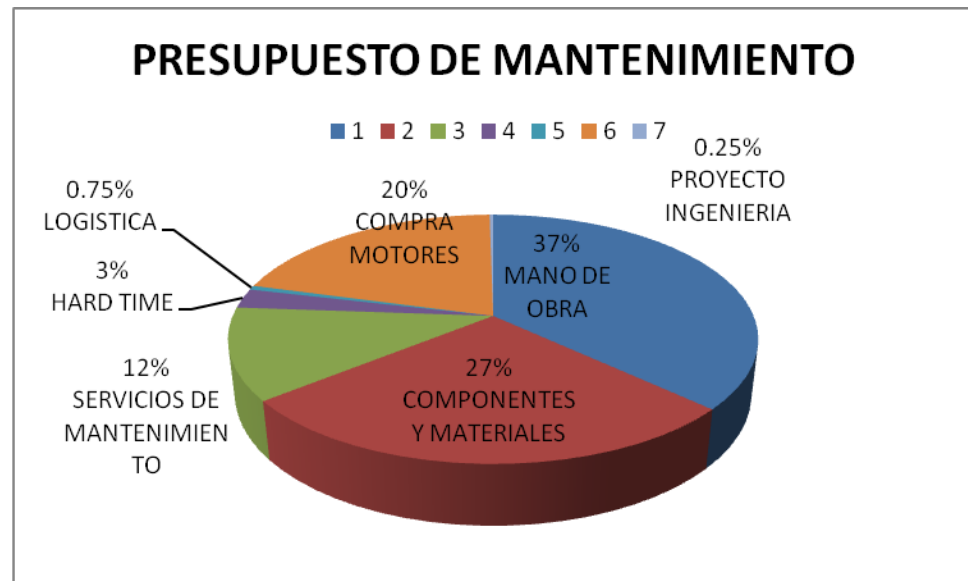


Figura 16. Distribución de los costos de mantenimiento en la compañía LAS año 2013

La zona que se encuentra resaltada en color rojo en la tabla 24, representa el 37% de los costos del presupuesto de mantenimiento que corresponden a los costos de mano de obra, que se tomaron en cuenta para desarrollar el análisis financiero.

El recuadro al final de la tabla, nos presenta el presupuesto total aprobado para el departamento de mantenimiento de la compañía Líneas Aéreas Suramericanas (LAS) para el año 2013.

	DESCRIPCION	VALOR (\$) COP
1	MANO DE OBRA	
1.1	Ingenieria	\$ 147,142,080
1.2	Mantenimiento Linea y servicios mayores	\$ 1,140,165,984
1.4	Almacen	\$ 178,624,320
1.5	Programacion	\$ 16,416,000
1.6	Centro instruccion	\$ 8,400,000
	TOTAL MANO DE OBRA	\$ 1,490,748,384
2	COMPONENTES Y MATERIALES	
2.1	Reparaciones locales	\$ 327,441,400
2.2	Reparaciones Internacionales	\$ 132,379,063
2.3	Compras locales	\$ 173,858,325
2.4	Compras Internacionales	\$ 472,059,672
	TOTAL COMPONENTES Y MATERIALES	\$ 1,105,738,460
3	SERVICIOS DE MANTENIMIENTO	
3.1	Servicios Menores	\$ 22,245,931
3.2	Servicios Mayores	\$ 433,000,000
3.3	Cumplimiento de Directivas de Aeronavegabilidad (ADs)	\$ 7,718,000
3.4	Reparaciones Especiales	\$ 18,360,000
	TOTAL SERVICIOS DE MANTENIMIENTO	\$ 481,323,931
4	SERVICIOS HARD TIME	
4.1	HK1271 - HK4154 - HK4261 - HK4262 - HK4401- HK4636/37	\$ 102,728,069
	TOTAL SERVICIOS HARD TIME	\$ 102,728,069
5	LOGISTICA	
5.1	Envios y Recepcion Compras y Rep Internacional	\$ 22,470,984
	TOTAL LOGISTICA	\$ 22,470,984
6	COMPRA MOTORES	
6.1	3 MOTORES P&W	\$ 829,380,000
	TOTAL MOTORES	\$ 829,380,000
7	COMPRA HERRAMIENTA	
7.1	NINGUNA	\$ -
	TOTAL HERRAMIENTAS	\$ -
6	PROYECTO INGENIERIA	
6.1	CURSO BOROSCOPIA P&W 2 PERSONAS	\$ 10,352,600
	TOTAL PROYECTO	\$ 10,352,600
TOTAL PRESUPUESTO DIR. MANTENIMIENTO		\$ 4,042,742,428

**Tabla 24. Distribución de los costos de mantenimiento en la compañía
LAS año 2013**

La tabla 25 mostrada a continuación, representa la relación de los servicios de mantenimiento de la flota Boeing 727 de LAS, realizados durante el periodo del 2010-2013; de los cuales se saco el promedio sumando la cantidad de servicios realizadas durante cada año y dividiéndolo entre los 4 años del periodo de cada uno de los servicios:

PromediodedeServiciosRealizados 2010 – 2013

$$= \frac{\text{ServXrealizadosaño 2010} + \text{ServXrealizadosaño 2011} + \text{ServXrealizadosaño 2012} + (\text{ServXrealizadosaño 2013})}{(4 \text{ años del periodo } 2010 - 2013)}$$

Después de realizar esta operación con cada uno de los servicios, se procede a tomar estos resultados como parámetro fundamental de nuestro análisis financiero, el cual nos permite calcular las horas lapso las cuales describen el tiempo total que toma en ser realizado un servicio de mantenimiento, y el total de horas hombre por cada servicio durante este periodo.

RELACION SERVICIOS REALIZADOS 2009-2012					
SVC	2010	2011	2012	2013	PROMEDIO
DIARIO	3285	2920	2555	2190	2737,5
A	25	25	27	18	23,75
B	6	6	7	5	6
2B	3	3	4	3	3
C	4	1	1	1	1,75
2C	2	1	0	1	1
D	2	0	0	0	0,5
D/2	2	0	0	0	0,5
TOTAL TRABAJOS	3329	2956	2594	2218	
NOTA: LOS TRABAJOS REALIZADOS SON PROPORCIONALES A LAS HORAS VOLADAS POR LA FLOTA					

Tabla 25. Relación de Servicios Realizados 2009-2012

La tabla 26 muestra el costo de las horas hombre del personal de mantenimiento, de la cual se obtuvo el promedio de éstas de la siguiente manera:

$$\text{Promedio de Costo de Hora Hombre} = \frac{4514 + 4024 + 3103 + 2174 + 1520 + 1196 + 897 + 1868}{8 \text{ años del periodo } 2010 - 2013}$$

$$\text{Promedio de Costo de Hora Hombre} = \$2412$$

El costo promedio de las horas hombre de mantenimiento equivale a **\$2.412** pesos colombianos.

PERSONAL	SUELDO MENSUAL	COSTO HORA HOBRE
Inspector de Mantenimiento	\$ 3.249.760	\$ 4.514
Supervisor de Mantenimiento	\$ 2.897.120	\$ 4.024
Técnicos I	\$ 2.234.400	\$ 3.103
Técnicos II	\$ 1.565.600	\$ 2.174
Ayudantes	\$ 1.094.400	\$ 1.520
Limpiadores	\$ 861.384	\$ 1.196
Pasantes	\$ 646.152	\$ 897
Pintor	\$ 1.345.200	\$ 1.868
Promedio Costo Hora Hombre		\$ 2.412

Tabla 26. Sueldo del Personal de Mantenimiento

De la tabla 27, se tomo la cantidad total de horas lapso; las cuales describen el tiempo total que toma en ser realizado un servicio de mantenimiento, y el total de horas hombre por cada servicio, que serán utilizados en la elaboración de las tablas 28 y 29, al igual que el costo total anual de la línea B727-100 y B727-200 la cual arrojo el resultado de 1,294,784,238 pesos colombianos para el programa de confiabilidad de la compañía aplicando el MSG-2; el cual se utilizará para el análisis financiero de los costos de operación de la tabla 38.

B727-100															
SVC	INTERVALO	ESTIMADO / DIA	TOTAL HORAS LAPSO	SUPERVISOR MANTTO	INSPECTOR MANTTO	TECNICOS TLA	TECNICOS TEEI	TECNICOS TEMC	TECNICOS TESH	AYUDANTES TECNICOS	LIMPIADORES	PINTOR	MEN HOURS/SVC	COSTO SVC	COSTO ANUAL
TRANSITO	POR CICLO	*****	1.5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	\$ 4,655	\$ 2,609,128
DIARIO	24	*****	3	1	1	1	0	0	0	1	1	0	5	\$ 43,071	\$ 39,302,379
A	150	1	24	1	1	1	1	1	0	3	1	1	240	\$ 611,329	\$ 4,839,686
B	600	2	48	1	1	2	1	3	1	7	1	1	432	\$ 2,110,338	\$ 4,220,675
B-2B	1200	1.5	36	1	1	3	1	5	1	10	2	1	600	\$ 2,125,142	\$ 2,125,142
C	3000	40	960	1	1	3	2	8	2	15	3	1	864	\$ 80,010,976	\$ 80,010,976
C-2C	6000	60	1440	1	2	4	2	8	2	16	3	1	936	\$ 133,173,584	\$ 133,173,584
D	18000	90	2160	1	2	4	3	8	3	18	3	1	1032	\$ 296,317,920	\$ 296,317,920
D/2	9000	70	1680	1	2	4	2	8	3	17	3	1	984	\$ 170,903,581	\$ 170,903,581
		TOTAL HORAS LAPSO	6352.5									TOTAL HORAS HOMBRE	5094	TOTAL COSTO ANUAL B727-100 \$ 733,503,072	

B727-200															
SVC	INTERVALO	ESTIMADO / DIA	TOTAL HORAS LAPSO	SUPERVISOR MANTTO	INSPECTOR MANTTO	TECNICOS TLA	TECNICOS TEEI	TECNICOS TEMC	TECNICOS TESH	AYUDANTES TECNICOS	LIMPIADORES	PINTOR	MEN HOURS/SVC	COSTO SVC	COSTO ANUAL
TRANSITO	POR CICLO	*****	1.5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	\$ 4,655	\$ 9,255,304
DIARIO	24	*****	3	1	1	1	0	0	0	1	1	0	5	\$ 43,071	\$ 39,302,379
A	150	1	24	1	1	1	1	1	0	3	1	1	240	\$ 611,329	\$ 4,839,686
B	600	2	48	1	1	2	1	3	1	7	1	1	432	\$ 2,110,338	\$ 4,220,675
B-2B	1200	1	24	1	1	3	1	5	1	10	2	1	600	\$ 1,416,762	\$ 1,416,762
C	3000	35	840	1	1	3	2	8	2	15	3	1	864	\$ 70,009,604	\$ 70,009,604
C-2C	6000	50	1200	1	2	4	2	8	2	16	3	1	936	\$ 110,977,987	\$ 110,977,987
D	18000	75	1800	1	2	4	3	8	3	18	3	1	1032	\$ 183,110,980	\$ 183,110,980
D/2	9000	55	1320	1	2	4	2	8	3	17	3	1	984	\$ 128,178,585	\$ 128,178,585
		TOTAL HORAS LAPSO	5260.5									TOTAL HORAS HOMBRE	5094	TOTAL COSTO ANUAL B727-200 \$ 551,311,962	

Tabla 27. Programación, control producción y costos de mantenimiento anual MSG-2

B727	NUMERO DE TRABAJOS				
TRABAJO	2011	2012	PROMEDIO	HORAS POR TRABAJO REALIZADO	COSTO HORAS HOMBRE
AD	135	80	107,5	322,5	\$ 4.244.315
CPCP	114	100	107	321	\$ 4.224.574
SSID	40	36	38	114	\$ 1.500.316
				TOTAL ANUAL	\$ 9.969.205
COSTO TOTAL ANUAL HORAS HOMBRE FLOTA					
\$ 1.294.784.238					

Tabla 28. Número y costos de trabajos realizados en la flota

12.1. HORAS-HOMBRE DEL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD CON MSG-2

Para estimar las horas hombre requeridas en cada servicio se recopiló el promedio de estas, de acuerdo a los datos que se obtuvieron del Departamento de Planeación y Control Producción de la compañía, sobre los servicios efectuados a la flota en los últimos años.

La tabla 29, muestra la cantidad de intervalos de cada uno de los servicios, y la cantidad de las horas hombre de cada servicio durante los 10 años con la filosofía MSG-2, cuyo total será utilizado para el cálculo de la reducción de las horas lapso del MSG-3 con respecto al MSG-2.

Servicio	Horas hombre	Horas -Hombre 10 años
DIARIO (24)	5	136875
A (150FH)	240	57000
B (600FH)	432	25920
B-2B (1200FH)	600	18000
C (3000FH)	864	17280
C-2C (6000FH)	936	9360
D (18000FH)	1032	3096
D/2 (9000FH)	984	4920
FUERA DE		442.47
TOTAL		272893.47

Tabla 29. Horas-hombre por servicio y durante 10 años con el programa MSG-2

La figura 17 muestra la distribución de las horas hombre para cada servicio en el programa de confiabilidad con la filosofía MSG-2 durante 10 años de servicios.

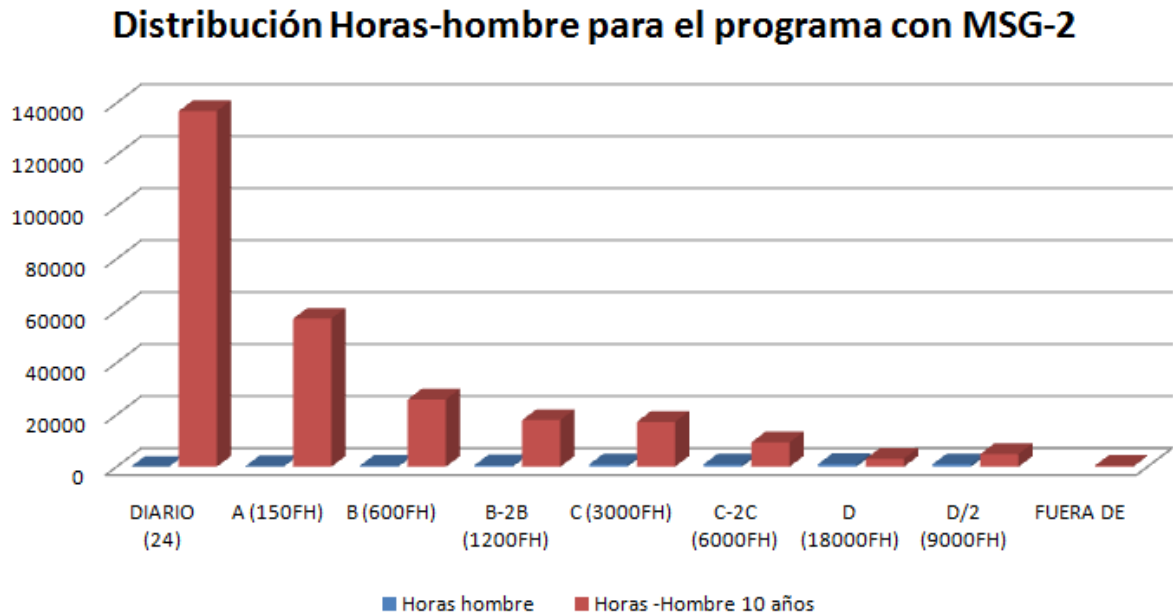


Figura 17. Distribución Horas-hombre para el programa con MSG-2

De la tabla 30 y 31, se tomo la cantidad total de horas lapso, las cuales describen el tiempo total que requerido en un servicio de mantenimiento, y el total de horas hombre por cada servicio que serán utilizados en la elaboración de las tablas 32, al igual que el costo total anual de la línea B727-100 y B727-200, la cual nos arrojo el resultado de \$1,115,595,125 pesos colombianos, para el programa de confiabilidad de la compañía aplicando el MSG-3; este resultado será utilizado para el análisis financiero de los costos de operación de la tabla 39 .

B727-100															
SVC	INTERVALO	ESTIMADO / DIA	TOTAL HORAS LAPSO	SUPERVISOR MANTTO	INSPECTOR MANTTO	TECNICOS TLA	TECNICOS TEEI	TECNICOS TEMC	TECNICOS TESH	AYUDANTES TECNICOS	LIMPIADORES	PINTOR	MEN HOURS/SVC	COSTO SVC	COSTO ANUAL
TRANSITO	POR CICLO	*****	1.5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	\$ 4,655	\$ 2,609,128
DIARIO	24	*****	3	1	1	1	0	0	0	1	1	0	5	\$ 43,071	\$ 39,302,379
A1	450	0.5	12	1	1	1	1	1	0	3	1	1	240	\$ 305,664	\$ 2,419,843
A2	900	1	24	1	1	2	1	3	1	7	1	1	432	\$ 1,055,169	\$ 2,110,338
A4	1800	1.5	36	1	1	2	1	4	1	8	2	1	504	\$ 1,792,262	\$ 1,792,262
C1	3600	10	240	1	1	3	2	6	2	13	3	1	768	\$ 17,783,544	\$ 17,783,544
C2	7200	30	720	1	2	4	2	7	2	15	3	1	888	\$ 63,257,992	\$ 63,257,992
C3	9600	40	960	1	2	4	2	8	3	17	3	1	984	\$ 125,738,453	\$ 125,738,453
C4	14400	60	1440	1	2	4	2	8	3	17	3	1	984	\$ 139,831,184	\$ 139,831,184
C5	18000	70	1680	1	2	4	3	8	3	18	3	1	1032	\$ 170,903,581	\$ 170,903,581
C6	21600	90	0	1	2	4	3	8	3	18	3	1	0	\$ -	\$ -
C8	28800	120	0	1	2	4	3	8	3	18	3	1	0	\$ -	\$ -
		TOTAL HORAS LAPSO	5116.5									TOTAL HORAS HOMBRE	5838	TOTAL COSTO ANUAL B727-100	\$ 565,748,704

Tabla 30. Programación, control producción y costos de mantenimiento anual MSG-3 B227-100

B727-200															
SVC	INTERVALO	ESTIMADO / DIA	TOTAL HORAS LAPSO	SUPERVISOR MANTTO	INSPECTOR MANTTO	TECNICOS TLA	TECNICOS TEEI	TECNICOS TEMC	TECNICOS TESH	AYUDANTES TECNICOS	LIMPIADORES	PINTOR	MEN HOURS/SVC	COSTO SVC	COSTO ANUAL
TRANSITO	POR CICLO	*****	1.5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	\$ 4,655	\$ 9,255,304
DIARIO	24	*****	3	1	1	1	0	0	0	1	1	0	5	\$ 43,071	\$ 39,302,379
A1	450	0.5	12	1	1	1	1	1	0	3	1	1	240	\$ 305,664	\$ 2,419,843
A2	900	1	24	1	1	2	1	3	1	7	1	1	432	\$ 1,055,169	\$ 2,110,338
A4	1800	1.5	36	1	1	2	1	4	1	8	2	1	504	\$ 1,792,262	\$ 1,792,262
C1	3600	10	240	1	1	3	2	6	2	13	3	1	768	\$ 17,783,544	\$ 17,783,544
C2	7200	30	720	1	2	4	2	7	2	15	3	1	888	\$ 63,257,992	\$ 63,257,992
C3	9600	40	960	1	2	4	2	8	3	17	3	1	984	\$ 93,220,789	\$ 93,220,789
C4	14400	60	1440	1	2	4	2	8	3	17	3	1	984	\$ 139,831,184	\$ 139,831,184
C5	18000	70	1680	1	2	4	3	8	3	18	3	1	1032	\$ 170,903,581	\$ 170,903,581
C6	21600	90	0	1	2	4	3	8	3	18	3	1	0	\$ -	\$ -
C8	28800	120	0	1	2	4	3	8	3	18	3	1	0	\$ -	\$ -
		TOTAL HORAS LAPSO	5116.5									TOTAL HORAS HOMBRE	5838	TOTAL COSTO ANUAL B727-200	\$ 539,877,216

TOTAL ANUAL HORAS HOMBRE FLOTA

\$ 1,115,595,125

Tabla 31. Programación, control producción y costos de mantenimiento anual MSG-3 B227-200

12.2. HORAS-HOMBRE DE UN PROGRAMA DE CONFIABILIDAD CON MSG-3.

La tabla 32, muestra la cantidad de intervalos de cada uno de los servicios, y la cantidad de las horas hombre de cada servicio durante los 10 años con la filosofía MSG-2, cuyo total será utilizado para el cálculo de la reducción de las horas lapso del MSG-3 con respecto al MSG-2.

FILOSOFIA MSG-3		
Servicio	Horas-Hombre	Horas-Hombre 10 años
DIARIO(24)	5	136875
A1(450FH)	240	57000
A2(900FH)	432	25920
A4(1800FH)	504	15120
C1(3600FH)	768	13440
C2(7200FH)	888	8880
C3(9600FH)	984	4920
C4(14400FH)	984	4920
C5(18000FH)	1032	1032
C6(21600FH)	0	0
C8(28800FH)	0	0
SI		
TOTAL		268107

Tabla 32. Horas hombre por servicio y durante 10 años con el programa MSG-3

La figura 18, muestra la distribución de las horas hombre para cada servicio en el programa de confiabilidad con la filosofía MSG-3, durante 10 años de servicios.

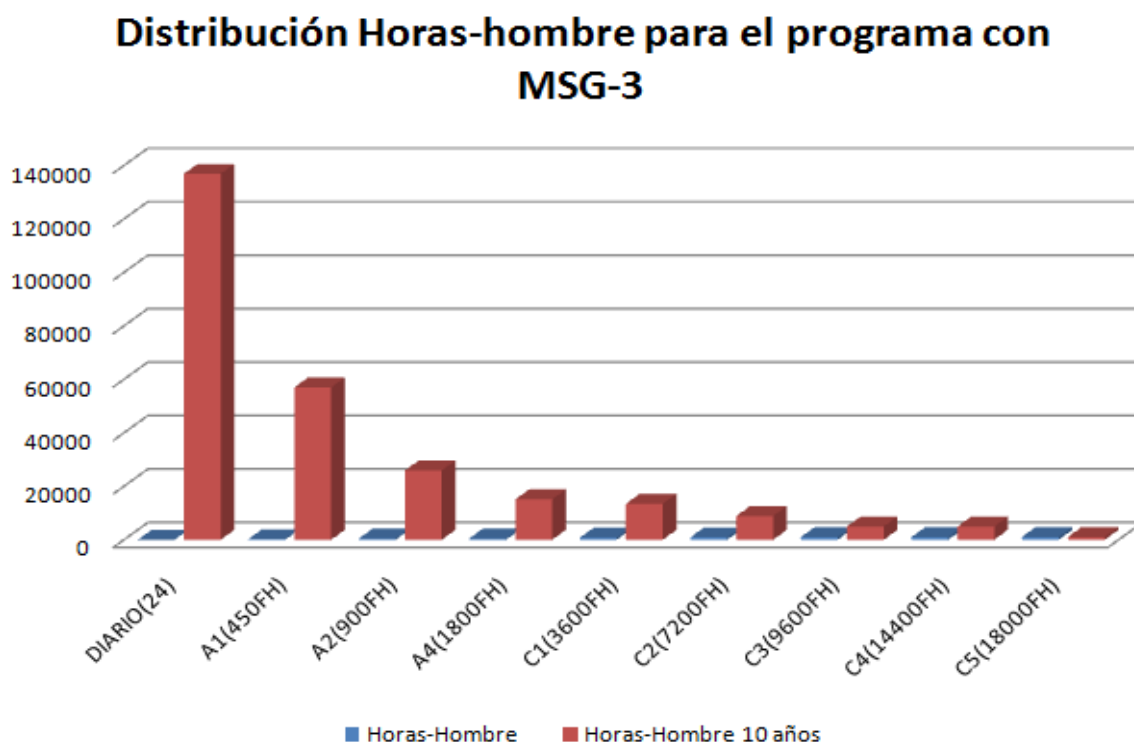


Figura 18. Distribución Horas-hombre para el programa con MSG-3

12.3. HORAS-LAPSO DE UN PROGRAMA DE CONFIABILIDAD CON MSG-2

Los datos que se recopilaron en el departamento de planeación (Tabla 30 y 31) reflejan un aproximado de las horas lapso que maneja LAS (Líneas Aéreas Suramericanas) en la actualidad. Fue necesario determinar el promedio, ya que se obtuvieron datos de 7 aeronaves.

La tabla 33, muestra la cantidad de intervalos de cada uno de los servicios y la cantidad de las horas lapso de cada servicio durante los 10 años con la filosofía MSG-2, cuyo total será utilizado para el cálculo de la reducción de las horas lapso del MSG-3 con respecto al MSG-2.

Actual programa de confiabilidad		
Servicio	Horas-Lapso	Horas - Lapso 10 años
DIARIO (24)	3	82125
A (150FH)	24	5700
B (600FH)	48	2880
B-2B (1200FH)	36	1080
C (3000FH)	960	16800
C-2C (6000FH)	1440	14400
D (18000FH)	2160	10800
D/2 (9000FH)	1680	8400
FUERA DE		
TOTAL		142185

Tabla 33: Horas lapso por servicio y durante 10 años con el programa MSG-3

La figura 19, muestra la distribución de las horas lapso para cada servicio en el programa de confiabilidad con la filosofía MSG-2 durante 10 años de servicios.

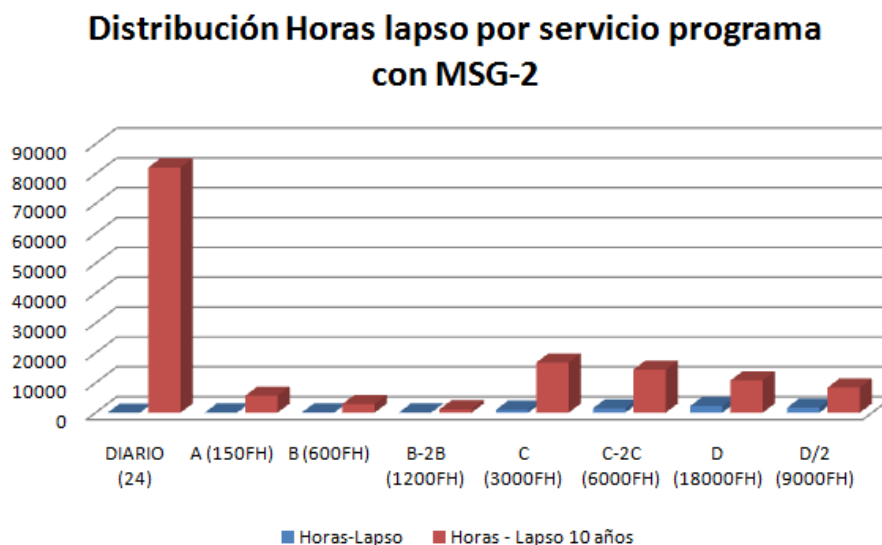


Figura 19. Distribución Horas lapso por servicio programa con MSG-2

12.4. HORAS-LAPSO DEL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD CON MSG-3

Para poder determinar el estimado de las horas lapso de todos los servicios que componen la filosofía MSG-3, fue necesario recopilar información de la cantidad de horas lapso de los registros de horas lapso de mantenimiento de la flota B 727.

La tabla 34, muestra la cantidad de intervalos de cada uno de los servicios, y la cantidad de las horas lapso de cada servicio durante los 10 años con la filosofía MSG-3, cuyo total será utilizado para el cálculo de la reducción de las horas lapso del MSG-3 con respecto al MSG-2.

FILOSOFIA MSG-3		
Servicio	Horas-Lapso	Horas-Lapso 10 años
DIARIO(24)	3	82125
A1(450FH)	12	2850
A2(900FH)	24	1440
A4(1800FH)	36	1080
C1(3600FH)	240	4200
C2(7200FH)	720	7200
C3(9600FH)	960	4800
C4(14400FH)	1440	2880
C5(18000FH)	1680	1680
C6(21600FH)	0	0
C8(28800FH)	0	0

Tabla 34. Horas lapso por servicio y durante 10 años con el programa MSG-3

La figura 20, muestra la distribución de las horas lapso para cada servicio en el programa de confiabilidad con la filosofía MSG-3 durante 10 años de servicios.

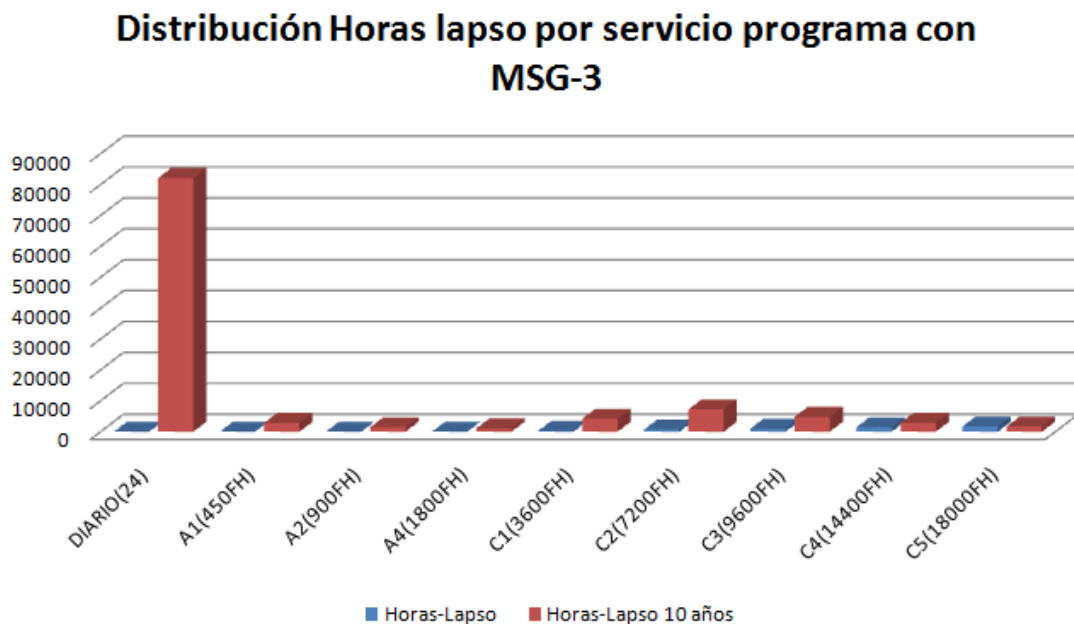


Figura 20. Distribución Horas lapso por servicio programa con MSG-3

12.5. DISMINUCIÓN DE HORAS HOMBRE

Una vez recolectados todos los datos, se calculo el porcentaje de variación que existe en horas hombre y horas lapso entre cada uno de los programas

De acuerdo con la información contenida en las tablas 30 y 32 se determino el porcentaje de ahorro mediante la siguiente operación.

$$DISMINUCIONH - H = \frac{TotaldeH - H \text{ MSG} - 2 - TotaldeH - H \text{ MSG} - 3}{TotaldeH - H(\text{MSG} - 2)} * 100$$

Desarrollando la ecuación se obtuvo el siguiente valor:

$$DISMINUCIÓN H-H = \frac{272893,47 - 268107}{272893,47} \times 100$$

Entonces:

$$DISMINUCIÓN H-H = 1.75\% \text{ en } 10 \text{ años}$$

$$DISMINUCIÓN H-H = 0.17\% \text{ aprox. por año}$$

Para determinar la cantidad de horas hombre que se logran disminuir se utiliza el porcentaje anterior. Así:

$$DISMINUCIÓN H-H = 272893,47 * 1,75\%$$

$$DISMINUCIÓN H-H = 4786.47 \text{ H-H en } 10 \text{ años}$$

$$DISMINUCIÓN H-H = 478.64 \text{ H-H aprox. por año}$$

Este 4786.47 es la disminución en horas hombre que la compañía obtiene durante los 10 años mediante la utilización del programa de confiabilidad bajo filosofía MSG-3.

La compañía LAS (Líneas Aéreas Suramericanas) tiene fijado el valor de una hora hombre' en USD 18.

Ahora, Teniendo en cuenta que la inflación del dólar por año en promedio es de 8% EA", el costo hora-hombre varía a través de los 10 años, por consiguiente, el ahorro se incrementará por año de acuerdo con la inflación, lo cual se puede apreciar en la tabla 35.

La tabla 35 muestra el ahorro por concepto de mano de obra en los 10 años, el cual es de USD 908715.68 para la flota de 7 aeronaves.

AÑO	COSTO POR H-H (USD)	AHORRO (USD)
2013	1.34	60162
2014	1.44	64651.70
2015	1.54	69141.41
2016	1.64	73631.11
2017	1.74	78120.81
2018	1.84	82610.51
2019	1.94	87100.21
2020	2.04	91589.92
2021	2.14	96079.62
2022	2.24	100569.32
2023	2.34	105059
TOTAL USD		908715.68

Tabla 35. Ahorro por años asociados al costo Hora-Hombre.

12.6. DISMINUCIÓN DE HORAS LAPSO

La información que contienen las tablas 33 y 34 se utilizó para determinar el porcentaje de ahorro en horas lapso que se obtiene con la filosofía MSG-3. Modificando la ecuación (1) para horas lapso, se obtuvo el siguiente resultado:

$$\text{DISMINUCION H - L} = \left(1 - \frac{\text{Total H - L (MSG - 3)}}{\text{Total H - L (MSG - 2)}} \right) * 100$$

$$\text{DISMINUCIÓN H - L} = \left(1 - \frac{108794,78}{142185} \right) \times 100$$

DISMINUCION H-L 23,48% en 10 años

DISMINUCION H-L = 2,34% aprox. por año

Un porcentaje de disminución en horas lapso que alcanza el programa de confiabilidad con filosofía MSG-3, representa menos tiempo de una aeronave en tierra para cada uno de los servicios de mantenimiento, y se halla de la siguiente forma:

$$DISMINUCION\ H-L = 142185 * 23,48\%$$

$$DISMINUCION\ H-L = 33385.05\ H-L\ en\ 10\ años$$

$$DISMINUCION\ H-L = 3338.5\ H-L\ por\ año$$

Estas horas lapso representan **19,87 días** menos por aeronave en un año, y un total de **139.1 días** para toda la flota.

Un día que permanezca una aeronave en tierra le cuesta a la empresa: USD 19680, y teniendo en cuenta que la filosofía MSG-3 evita 139.1 días de parada a la flota B727-100/200/Súper 27, estará incrementando su productividad por concepto de horas lapso un total de:

$$AHORRO\ H - L = USD19680 * 139.1Días - L\ aprox\ por\ año$$

$$AHORRO\ H - L = USD\ 2737488\ aprox\ por\ año$$

En la tabla 36, se puede apreciar el ahorro total de las horas lapso durante el periodo de 10 años.

Año	AHORRO HORAS LAPSO (USD)
2013	2737488
2014	2956487
2015	3193005
2016	3448445
2017	3724320
2018	4022265
2019	4344046
2020	4691569
2021	5066921
2022	5472274
2023	5910055
TOTAL	45566875

Tabla 36. Ahorro horas lapso por año

En la tabla 37, se puede apreciar el ahorro total que se obtuvo al sumar las horas hombre y las horas lapso, teniendo en cuenta la inflación del dólar durante los 10 años, el cual equivale al 0.8% anual.

Estas cifras demuestran la importancia que tiene la implementación de un programa de confiabilidad basado en la filosofía MSG-3, ya que muestran los beneficios monetarios que ofrece esta filosofía.

AÑO	TOTAL H-H (USD)	TOTAL H-L (USD)	TOTAL AHORRO (USD)
2013	60162	2737488	2797650
2014	64651.70	2956487	3021139
2015	69141.41	3193005	3262146
2016	73631.11	3448445	3522076
2017	78120.81	3724320	3802441
2018	82610.51	4022265	4104876
2019	87100.21	4344046	4431146
2020	91589.92	4691569	4783159
2021	96079.62	5066921	5163001
2022	100569.32	5472274	5572843
2023	105059	910055	6015114
		TOTAL	46475590.6

Tabla 37. Ahorro total Horas hombre y Horas lapso.

12.7. REDUCCIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN

En la tabla 38, se puede apreciar todos los factores financieros relacionados con los costos de operación de la flota de aeronaves de la compañía, según la filosofía MSG-2.

De igual manera en la tabla 39, se puede apreciar los factores relacionados con los costos de operación de la flota de aeronaves de la compañía, según la filosofía MSG-3.

Los costos de mantenimiento nos permitirán estimar el ahorro durante la operación de las aeronaves; la diferencia de presupuestos del programa MSG-2 y MSG-3, aplicados en el programa de confiabilidad, nos permitirá hallar el monto aproximado de ahorro obtenido por la aplicación de la nueva filosofía MSG-3; puesto que ésta nos permite reducir los costos de mano de obra.

El costo de mano de obra es el que más repercute dentro del presupuesto de mantenimiento; debido a la reducción de las horas hombre, lo que genera una disminución de los costos. Permitiendo calcular de manera acertada el monto del ahorro entre las dos filosofías (Costos de operación MSG-2 y MSG-3).

A continuación reflejaremos en las tablas 38 y 39, los datos financieros relacionados con los costos de operación, según la filosofía MSG-2 y MSG-3 respectivamente para proceder con el cálculo del monto del ahorro entre estos dos programas.

REPORTE ANUAL Numeral 3.9 RAC				
COSTO HORA BLOQUE DE OPERACIÓN POR EQUIPO (En Pesos Colombianos)				
SIGLA OACI: SKBO			AÑO:	2013
NOMBRE EMPRESA: LINEAS AEREAS SURAMERICANAS S.A.			NIT: 860.526.868-4	
TIPO DE AERONAVE:	BOEING 727-100		BOEING 727-200	
ESTRUCTURA DE COSTOS POR HORA	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES
A. COSTOS DIRECTOS	8,202,287	917,324,077	8,269,023	734,979,520
1. COSTO TRIPULACIÓN COMANDO (Incluye Sueldos, Viáticos, Prestaciones Sociales y Costos de Entrenamiento)	6,533,388		6,533,388	
2. COSTOS SEGUROS (Incluye Seguro Casco, Responsabilidad Civil y seguro a pasajeros, correo y carga)	1,545,986		1,597,126	
3. COSTO DE SERVICIOS AERONÁUTICOS (Incluye Derechos de Tráfico, Aterizajes, Parques)		284,032		305,395
4. COSTOS DE MANTENIMIENTO (Incluye Mano de obra, Materiales, Repuestos y Reservas por hora vuelo)		733,503,072		551,311,962
5. COSTOS DE SERVICIO A PASAJEROS (Incluye materiales consumibles abordó)				
6. COSTO DE COMBUSTIBLES		183,536,973		183,362,163
7. DEPRECIACIÓN (Sobre el equipo propio)	122,913		138,509	
8. ARRIENDO AERONAVE (Leasing)	-			
B. COSTOS INDIRECTOS	133,855	-	148,468	-
1. GASTOS ADMINISTRATIVOS	106,063		106,063	
2. GASTOS DE VENTAS	21,387		21,387	
3. GASTOS FINANCIEROS	6,405		21,018	
TOTAL COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS	8,336,142	917,324,077	8,417,491	734,979,520
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN		925,660,219		743,397,011
				1,669,057,230
HORAS DEL PERIODO BASE DEL CÁLCULO		537		743
NÚMERO DE VUELOS EN EL PERÍODO		579.41		634.23
NÚMERO DE AERONAVES		2		2
Fecha de Elaboración: Enero 20 de 2014				

Tabla 38. Datos financieros año 2013 con el programa MSG-2

REPORTE ANUAL Numeral 3.9 RAC				
COSTO HORA BLOQUE DE OPERACIÓN POR EQUIPO (En Pesos Colombianos)				
SIGLA OACI: SKBO			AÑO:	2013
NOMBRE EMPRESA: LINEAS AEREAS SURAMERICANAS S.A.			NIT: 860.526.868-4	
TIPO DE AERONAVE:	BOEING 727-100		BOEING 727-200	
ESTRUCTURA DE COSTOS POR HORA	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES
A. COSTOS DIRECTOS	8,202,287	749,569,709	8,269,023	723,544,774
1. COSTO TRIPULACIÓN - COMANDO (Incluye Sueldos, Viáticos, Prestaciones Sociales y Costos de Entrenamiento)	6,533,388		6,533,388	
2. COSTOS SEGUROS (Incluye Seguro Casco, Responsabilidad Civil y seguro a pasajeros, correo y carga)	1,545,986		1,597,126	
3. COSTO DE SERVICIOS AERONÁUTICOS (Incluye Derechos de Tráfico, Aterizajes, Parqueos)		284.032		305.395
4. COSTOS DE MANTENIMIENTO (Incluye Mano de obra, Materiales, Repuestos y Reservas por hora vuelo)		565,748,704		539,877,216
5. COSTOS DE SERVICIO A PASAJEROS (Incluye materiales consumibles abordó)				
6. COSTO DE COMBUSTIBLES		183,536,973		183,362,163
7. DEPRECIACIÓN (Sobre el equipo propio)	122,913		138,509	
8. ARRIENDO AERONAVE (Leasing)	-			
B. COSTOS INDIRECTOS	133,855	-	148,468	-
1. GASTOS ADMINISTRATIVOS	106,063		106,063	
2. GASTOS DE VENTAS	21,387		21,387	
3. GASTOS FINANCIEROS	6,405		21,018	
TOTAL COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS	8,336,142	749,569,709	8,417,491	723,544,774
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN		757,905,851		731,962,265
				1,489,868,116
HORAS DEL PERIODO BASE DEL CÁLCULO		537		743
NÚMERO DE VUELOS EN EL PERÍODO		579.41		634.23
NÚMERO DE AERONAVES		2		2
Fecha de Elaboración: Enero 20 de 2014				

Tabla 39. Datos financieros año 2013 aplicando el programa MSG-3

Para calcular el monto que se reducen los costos de operación con la aplicación de la filosofía MSG-3, es necesario realizar la diferencia, entre los costos de las horas hombre de los servicios de mantenimiento realizados durante un año bajo las filosofías de MSG-2 y MSG-3.

$$\text{Ahorro Costos de Operación} = (1669057230 \text{ pesos} - 1489868116 \text{ pesos})$$

$$\text{Ahorro Costos de Operación} = 179189114 \text{ pesos}$$

Para conocer el porcentaje de ahorro de costos de operación que representa la cifra de \$ 179189113 pesos multiplicamos por 100 y dividimos por el valor inicial de \$ 1669057230 pesos, que representa el costo de operación durante un año en el programa MSG-2.

$$\text{Ahorro Costos de Operación} = \frac{179189113 * 100}{1669057230}$$

$$\text{Ahorro Costos de Operación} = 10.73\%$$

El porcentaje que se reducen los costos de operación aplicando la filosofía MSG-3 es del **10.73%** con respecto al presupuesto de la filosofía actual de MSG-2.

12.8 Análisis económico de los servicios de mantenimiento.

Para implementar el nuevo programa hay que incurrir en costos adicionales a los presupuestados. Por tal motivo se preparó un análisis en el cual se tiene en cuenta la siguiente pregunta:

- ¿Cuánto cuesta implementar el nuevo programa?

Respecto a la pregunta, el estudio nos permite analizar las siete aeronaves que no han recibido el nuevo programa. Aunque el análisis únicamente refleja el costo asociado a las horas hombre y horas lapso.

Así que los costos resultan del siguiente procedimiento: primero, se calculó el costo de los servicios que se hacen a la aeronave con el MSG-2, luego se calculó el costo de los servicios a realizar en el MSG-3, incluyendo los servicios C6 y C8, la diferencia es el costo que Líneas Aéreas Suramericanas (LAS) debe asumir para implementar el nuevo programa.

El costo total para una futura implementación para las siete aeronaves de la flota

SERVICIOS	MSG-2				
	H-H	COSTO DE H-H (USD)	H-L	COSTO H-L (USD)	TOTAL (USD)
A (150FH)	240	324	24	19680	20004
B (600FH)	432	1118	48	39360	40478
B-2B (1200FH)	600	1126	36	29520	30646
C (3000FH)	864	42409	960	787200	829609
C-2C (6000FH)	936	70588	1440	1180800	1251388
D (18000FH)	1032	157062	2160	1771200	1928262
D/2 (9000FH)	984	86470	1680	1377600	1464070
				TOTAL	5564457

Tabla 40. Costo total implementación MSG-2

MSG-3					
	H-H	COSTO DE H-H (USD)	H-L	COSTO H-L (USD)	TOTAL (USD)
A1(450FH)	240	324	24	19680	20004
A2(900FH)	432	1118	48	39360	40478
A4(1800FH)	600	1126	36	29520	30646
C1(3600FH)	864	10602	240	196800	207402
C2(7200FH)	936	35294	720	590400	625694
C3(9600FH)	984	66647	960	787200	853847
C4(14400FH)	984	74117	1440	1180800	1254917
C5(18000FH)	1032	90587	1680	1377600	1468187
C6(21600)	1032	116469	2160	1771200	1887669
C8(28800)	1032	155292	2880	2361600	2516892
				TOTAL	8905736

Tabla 41. Costo total implementación MSG-3

$8905736 - 5564457 = 3341279$ POR AERONAVE

$3341279 * 7 = 23388953$ PARA LAS SIETE AERONAVES

12.9. PROPUESTA DE MEJORA AL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD DE LA COMPAÑÍA LINEAS AEREAS SURAMERICANAS (LAS)

- Para la implementación de la filosofía MSG-3, se debe proceder a la sistematización de los formatos de análisis de fallos en los sistemas que se descomponen en MSI's (*Maintenance Significant Items*), y a la aplicación del árbol de decisión que permitirá llevar de manera más minuciosa y controlada, los registros de los fallos de los componentes por medio del programa realizado para el análisis de los componentes según el MSG-3.
- Crear una base de datos con el programa diseñado para realizar el análisis de fallas e identificar cuales sistemas ATA's fallaron constantemente, y aplicarle a esos componentes la metodología MSG-3.
- Posteriormente se debe evaluar la posibilidad de reestructurar los intervalos de los servicios de mantenimiento siempre y cuando la empresa esté dispuesta y de acuerdo a asumir los costos adicionales para implementar el nuevo programa de confiabilidad.

CONCLUSIONES

- Se generó una propuesta al programa de confiabilidad de la flota Boeing en la compañía (LAS), señalado los procedimientos y mejoras necesarias para aplicar la metodología MSG-3 lo cual queda a criterio de evaluación de la empresa, si es conveniente o no la implementación del nuevo programa.
- Se identificaron los criterios exigidos por las entidades reguladoras nacionales y los documentos que hacen relación a los programas de confiabilidad además de los procedimientos que todo operador debe tener para poder asegurar y garantizar todas las tareas relacionadas con su sistema de confiabilidad..
- Se Realizó un análisis metodológico a los ítems que más presentaron fallos durante la operación de las aeronaves, conformando una lista de los 10 componentes que mas presentaron inconvenientes durante el periodo de 3 años y se procedió a clasificarlos por sistema ATA para luego identificar exactamente el componente raíz de la falla, y así descomponerlos para identificar el MSI origen de la avería para luego ser analizado por medio del diagrama lógico, seleccionando a continuación la tarea más apropiada aplicando el programa diseñado para este fin.
- Se realizó el análisis financiero, teniendo en cuenta los costos asociados a las horas hombre y horas lapso, enfocados al presupuesto de mano de obra del cual no se tuvo en cuenta el costo de la hora hombre ingenieril, puesto que esta información no fue facilitada por la compañía, presentándose en el análisis un incremento considerable en los costos de operación debido a los gastos en los que la empresa debe incurrir para implementar el programa MSG-3 en su totalidad, lo cual incrementaría la seguridad y la fiabilidad de los componentes a un precio muy elevado para la compañía.

BIBLIOGRAFÍA

- LINEASAEREAS SURAMERICANAS. Manual Programa de Confiabilidad de Mantenimiento. Rev 8, 2013.
- Elaboración de un programa de mantenimiento basado en la filosofía MSG-3 que permita la optimización de los procesos de mantenimiento aplicados a la flota MD-83 de Avianca S.A.”, López Zarabanda Cesar Hernando.
- Implementación de un Centro de Mantenimiento Aeronáutico en la Ciudad de Guayaquil; Edwin Campoverde Hidalgo; Marco Cando Simba, Wilmer Gordon Rosero Faculta de Economía y Negocios Escuela Superior Politécnica Del Litoral (ESPOL) ESPOL CAMPUS LAS PEÑAS Apartado 09-01-5863. Guayaquil Ecuador
- <http://www.aviationpros.com/article/10388498/msg-3-the-intelligent-maintenance?page=4>;MSG-3;The Intelligent Maintenance; Manny Gdalevitch; November 2000
- <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20CENTRALIZADO%20EN%20LA%20CONFIABILIDAD.pdf>.
- MORA, Luis A. HIGUITA, Camilo. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Medellín, Edición Prueba Cero. 2002. 141 p.
- Arbones Eduardo A. - MalinasiLogistica Empresarial [Libro]. - Barcelona :AlfaomecgaMarcombo - Boxierau Editores, 1999. - pág. 5 a 24. - 970-682127-7.
- Avizienis, A.; Laprie, J.-C. yRandell, B. (2001). ((Fundamental Concepts of Dependability)). ReporteTécnico, University of California (Los Angeles, CA, USA), Vytautas Magnus U. (Kaunas, Lithuania), LAAS-CNRS (Toulouse, France) and University ofNewcastle (U.K.).
- Asgari, S.; Basili, V.; Costa, P. y Donzelli, P. (2005). ((Empirical-based Estimation of the Effect on Software Dependability of a Technique for Architecture ConformanceVerification)). ReporteTécnico, University of Maryland, USA.

- Blanke, M. (1996). ((Consistent Design of Dependable Control Systems)). Elsevier Science Ltd, 4, pp. 1305–1312.
- ——— (1999). ((Fault-tolerant Control Systems)). Reporte Técnico, Aalborg University, Denmark.
- Blanke, M.; Borch, O.; Allasia, G. y Bagnoli, F. (2002). ((Development of an automated technique for failure modes and effect analysis)). Reporte Técnico, Aalborg University, Denmark.
- Blanke, M.; Kinnaert, M.; Lunze, J. y Staroswiecki, M. (2003). Diagnosis and Fault-Tolerant Control. capítulo 4. Springer, 1ª edición..
- Dounce Enrique - Villanueva La Productividad en el Mantenimiento Industrial [Libro]. - Cd. de México : Compañía Editorial Continental, SA de CV., 1998. - Segunda : pág. 350. - ISBN 968-26-1089-3.
- Forcadas Jorge - Feliu Estadística aplicada a los Sistemas & Confiabilidad en los Sistemas [Publicación periódica] = Estadística en los sistemas de confiabilidad. - Medellín : Revista SAI - Revista SAI Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos – En: Revista SAI. No.4 Vol.1 – Medellín – Colombia - 1983, 1983. - 4 : Vol. 1. - pág. 41.
- Geraghty Tony RCM and TPM complementary rather than conflicting techniques [Publicación periódica] // Journal. - USA : [s.n.], Junio de 1996. - Vol. 63. - ISSN 0141-8602.
- González Francisco Javier - Fernández Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión [Libro] = Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión / ed. ARTEGRAFS.A.. - Madrid : Fundación CONFEMETAL, 2004. - Primera : pág. 260. - ISBN: 84-96169-36-7.
- Hronec Steven M. Signos Vitales - El empleo de las medidas del rendimiento, de la calidad, el tiempo y el coste para proyectar el futuro de la empresa – Arthur Andersen - [Libro] = Signos Vitales / ed. Edigrafos S.A.. - Madrid : McGraw Hill & Interamericana de España, S.A., 1995. - pág. 300. - ISBN: 0-8144-5073-3.

ANEXOS

ANEXO A

EXPLICACIÓN DEL PROGRAMA MSG MAINTENANCE PROGRAM

El programa MSG MAINTENANCE PROGRAM se diseñó para procesar con facilidad los MSI's (*Maintenance significant items*), y registrar la causa de la falla del componente que conforma, y así asignar una tarea que permita corregir ese fallo de manera segura, de igual modo se usa para mantener un control y un registro organizado, de los diferentes fallos que se presentan en toda la flota de aeronaves de la compañía durante su operación (Gráfico 1).

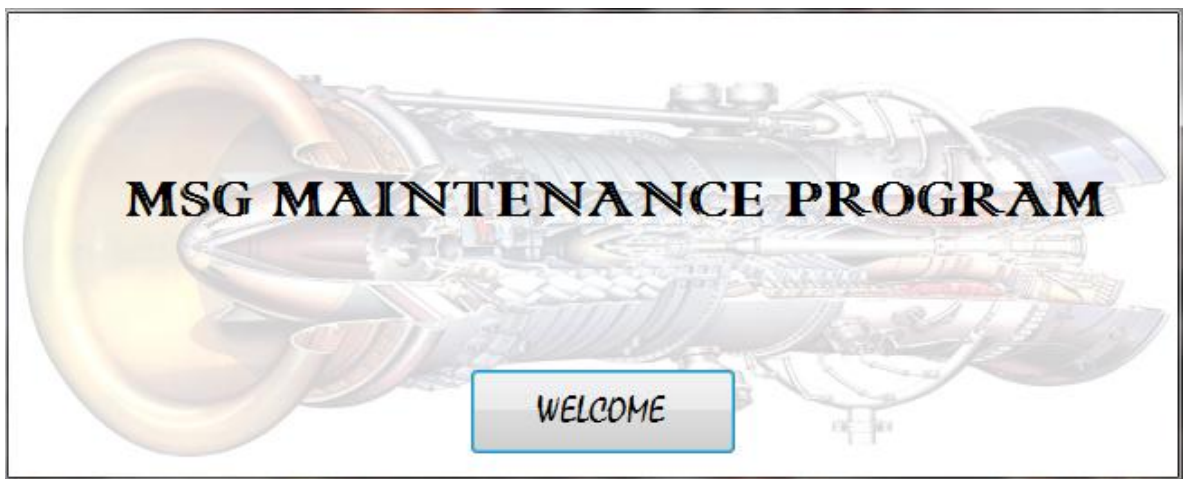
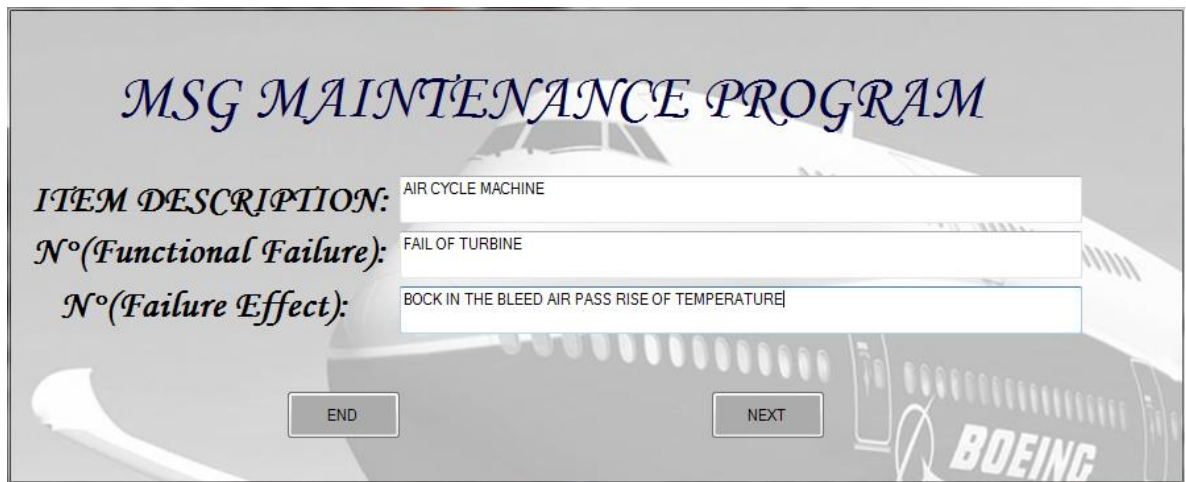


Gráfico 1. Ventana de inicio del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM

La gráfica 2, muestra la plantilla de inicio del programa en donde la primera casilla, es para ingresar el MSI (*Maintenance significant item*) del componente a analizar, en la siguiente casilla, se ingresa la falla funcional del ítem seleccionado, y por ultimo esta la casilla donde se ingresa el efecto generado por esa falla funcional



MSG MAINTENANCE PROGRAM

ITEM DESCRIPTION: AIR CYCLE MACHINE

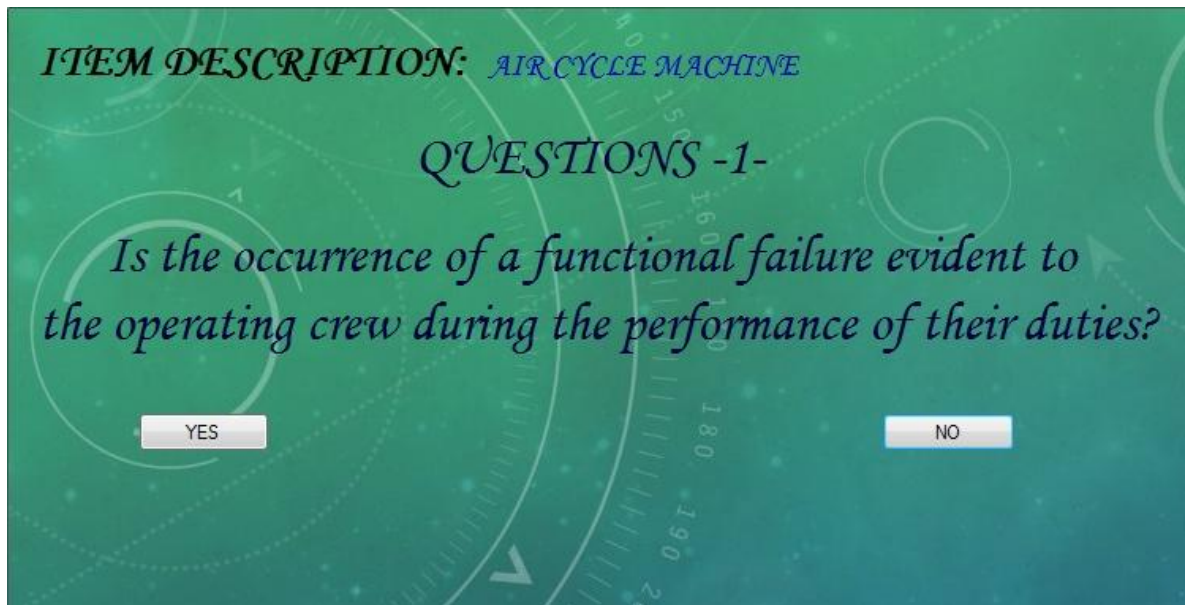
N°(Functional Failure): FAIL OF TURBINE

N°(Failure Effect): BOCK IN THE BLEED AIR PASS RISE OF TEMPERATURE

END NEXT

Gráfico 2. Planilla de inicio del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM

La gráfica 3, muestra la primera pregunta del árbol lógico de decisión, para el análisis de la falla en un MSI (*Maintenance significant item*) de un componente, donde se contesta la pregunta con un SI o NO según el tipo de fallo.



ITEM DESCRIPTION: AIR CYCLE MACHINE

QUESTIONS -1-

Is the occurrence of a functional failure evident to the operating crew during the performance of their duties?

YES NO

Gráfico 3. Ventana de inicio de la pregunta 1 del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM

La gráfica 4, muestra la primera pregunta del árbol lógico de decisión, para el análisis de la falla en un MSI (*Maintenance significant item*) de un componente, donde se contestó la pregunta con un “Si” o “No” según el tipo de fallo, y se abrió un recuadro para registrar la justificación de la respuesta dada.

ITEM DESCRIPTION: AIR CYCLE MACHINE

QUESTIONS -1-

Is the occurrence of a functional failure evident to the operating crew during the performance of their duties?

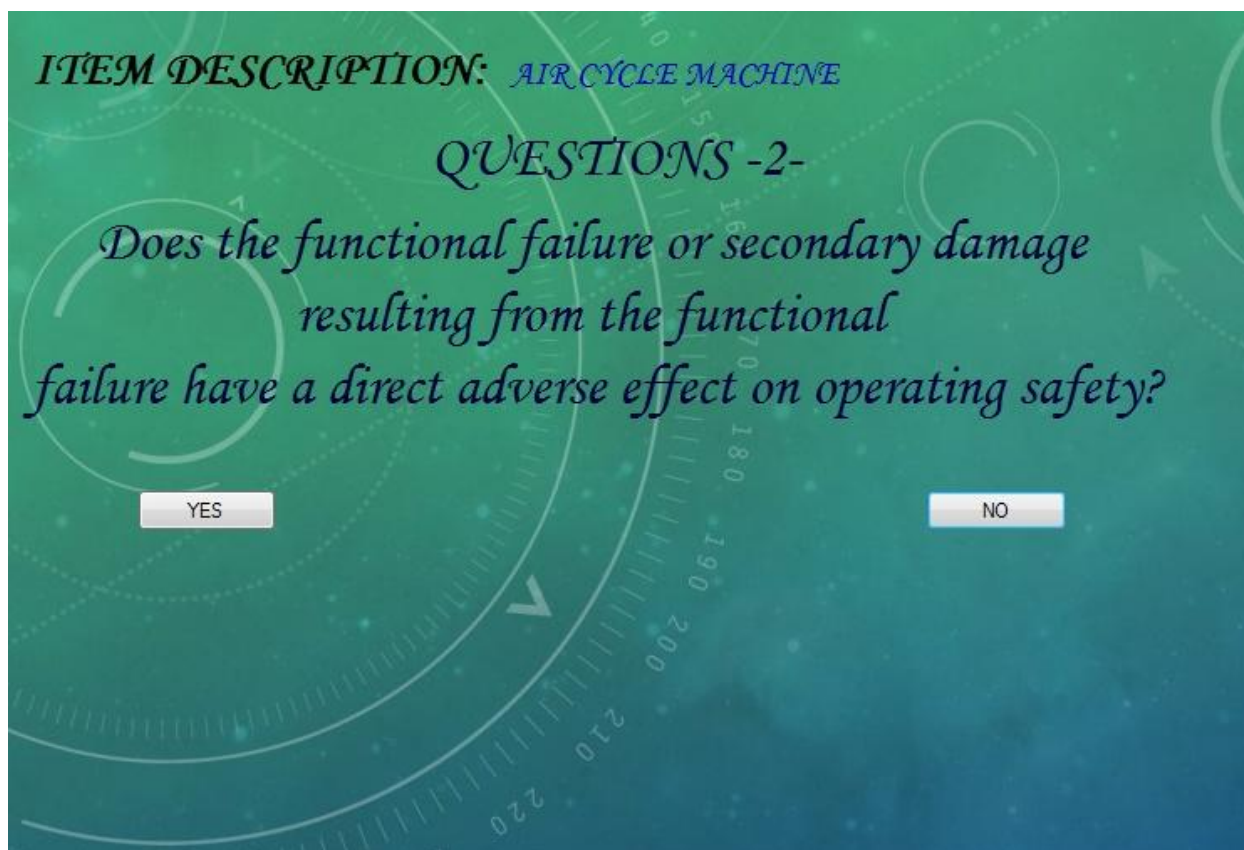
Justification:

The Failure is appreciated when the component is damage with some evidence of failure

PREVIOUS NEXT

Gráfico 4. Ventana de la justificación de la pregunta 1 del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM

La gráfica 5, muestra la segunda pregunta del árbol lógico de decisión, para el análisis de la falla en un MSI (*Maintenance significant item*) de un componente, donde se contesta la pregunta con un “Si” o “No” según el tipo de fallo.



**Gráfico 5. Ventana de inicio de la pregunta 2 del programa MSG
MAINTENANCE PROGRAM**

La gráfica 6, muestra la segunda pregunta del árbol lógico de decisión, para el análisis de la falla en un MSI (*Maintenance significant item*) de un componente, donde se contestó la pregunta con un “SI” o “NO” según el tipo de fallo, y se abrió un recuadro para registrar la justificación de la respuesta dada.

ITEM DESCRIPTION: AIR CYCLE MACHINE

QUESTIONS -2-

Does the functional failure or secondary damage resulting from the functional failure have a direct adverse effect on operating safety?

Justification:

If the bleed air not be cooled that can generate adverse effect on the duties of the aircraft and could be dangerous for the security

NEXT

Gráfico 6. Ventana de la justificación de la pregunta 2 del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM

La gráfica 7, muestra la ruta de las preguntas contestadas y su justificación de respuesta del árbol lógico de decisión, para el análisis de la falla en un MSI (*Maintenance significant item*) de un componente, donde se contestó la pregunta con un “Si” o “No” según el tipo de fallo, y se llenó un recuadro con la justificación de la respuesta dada, permitiendo identificar el tipo de falla y enviándonos al segundo nivel del análisis de la filosofía MSG-3.

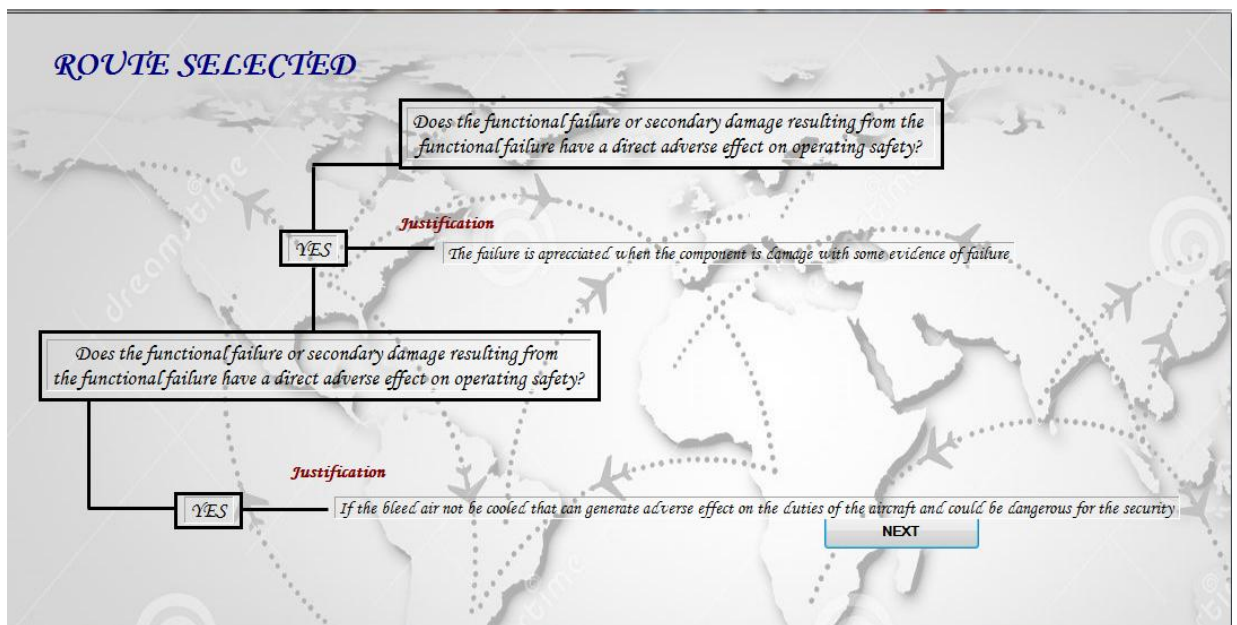


Gráfico 7. Ventana de la ruta de preguntas y justificaciones totales en el análisis con el programa MSG MAINTENANCE PROGRAM

La gráfica 8, muestra el formato del segundo nivel del árbol lógico de decisión para el análisis de la falla en un MSI (Maintenance significant item) de un componente, donde se contesta la pregunta con un “Si” o “No” según el tipo de fallo, y se llena un recuadro con la justificación de la respuesta dada, permitiendo seleccionar la tarea más adecuada para corregir o controlar este tipo de fallos.

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3

TASK SELECTION QUESTIONS

ITEM DESCRIPTION: AIRCYCLE MACHINE

FAILURE CAUSE: FAIL OF TURBINE

FORM: TSQ

MSI N° 21-55

END

PRINT

TASK SELECTION QUESTIONS		Answer and Explanation (Based on Applicability Effectiveness Criteria)	
QUESTION		ANSWER	
5A	Is a lubrication or servicing task applicable and effective?	☐ Y	BECAUSE THIS COMPONENT NOT NEED LUBRICATION
5B	Is an inspection or functional check to detect degradation of function applicable and effective?	☐ Y	THIS TASK IS EFFECTIVE TO DETERMINE THE CONDITION OF THE COMPONENT
5C	Is a restoration task to reduce failure rate applicable and effective?	☐ N	THIS TASK NOT IS EFFECTIVE TO THIS COMPONENT
5D	Is a discard to avoid or to reduce the failure rate applicable and effective?	☐ N	THIS TASK NOT IS APPLICABLE BECAUSE ITEM DOES NOT SHOWDEGRADATION AT AN IDENTIFICABLE AGE
5E	Is there a task or combination of task applicable and effective?	☐ Y	THE TASK IS APPLICABLE & EFFECTIVE

TASK DESCRIPTION

OPERATIONALLY CHECK THE COMPRESSOR, OPC WILL VERIFY AVAILABILITY

Working Group: AERONAUTICAL ASSOCIATED ENGINEERS

ATA Chapter: 21-55

DATE: 18:23:29

PAGE:

TASK CAT: OPC

FREQUENCY: 4C

Gráfico 8. Formato de preguntas del segundo nivel del árbol de decisión en el análisis con el programa MSG MAINTENANCE PROGRAM

La gráfica 9, muestra la ventana con las opciones “SI” para continuar analizando otro o “NO” para finalizar el análisis y cerrar el programa.



Gráfico 11. Ventana de opciones de continuación y cerrado del análisis del programa MSG MAINTENANCE PROGRAM

ANEXO B

ANÁLISIS DE FLUJO FORMATOS PROGRAMA MSG-3

A continuación se mostraran los formatos de análisis de flujo MSG-3 que permiten la organización de los MSI (*Maintenance significant item*), de los sistemas analizados:

- Formatos de análisis uno, “*Systems Functional Description*” (SFD). Por medio de este se identificaron las características normales de los MSIs y sus respectivos ítems de análisis, describiendo completamente el sistema y su funcionamiento. Incluye también el diagrama de bloques, que descompone el sistema y sus subsistemas en el orden de identificación ATA.
- Formato de análisis dos, MSI (*Maintenance Significant Item*): Aquí se relacionaron los MSIs, identificando los sistemas y componentes significativos de la aeronave con su respectiva descripción.
- Formato de análisis tres, “*System description*” se explican las características del diseño y la relación que existe con otros sistemas relevantes al MSI descrito. Este formato se aprecia en el anexo B y se identifica como FORM: SFD.
- Formato de análisis cuatro, “*Maintainability and Reliability Data*” (MRD) se utilizó para asignar los datos de mantenibilidad y confiabilidad de cada MSI, posee los siguientes datos: número de referencias del manual de mantenimiento, cantidad por aeronave, parte/número del fabricante,

aeronaves que lo utilizan y el tiempo medio entre remociones no programadas (MTBUR).

- Formato de análisis cinco, “*Functional Failure Analysis*” (FFA): Se destinó para elaborar el cuadro de fallas funcionales y Contiene un listado con la siguiente información para cada MSI:

- ✓ Función
- ✓ Falla funcional
- ✓ Efecto de la falla
- ✓ Causa de la falla

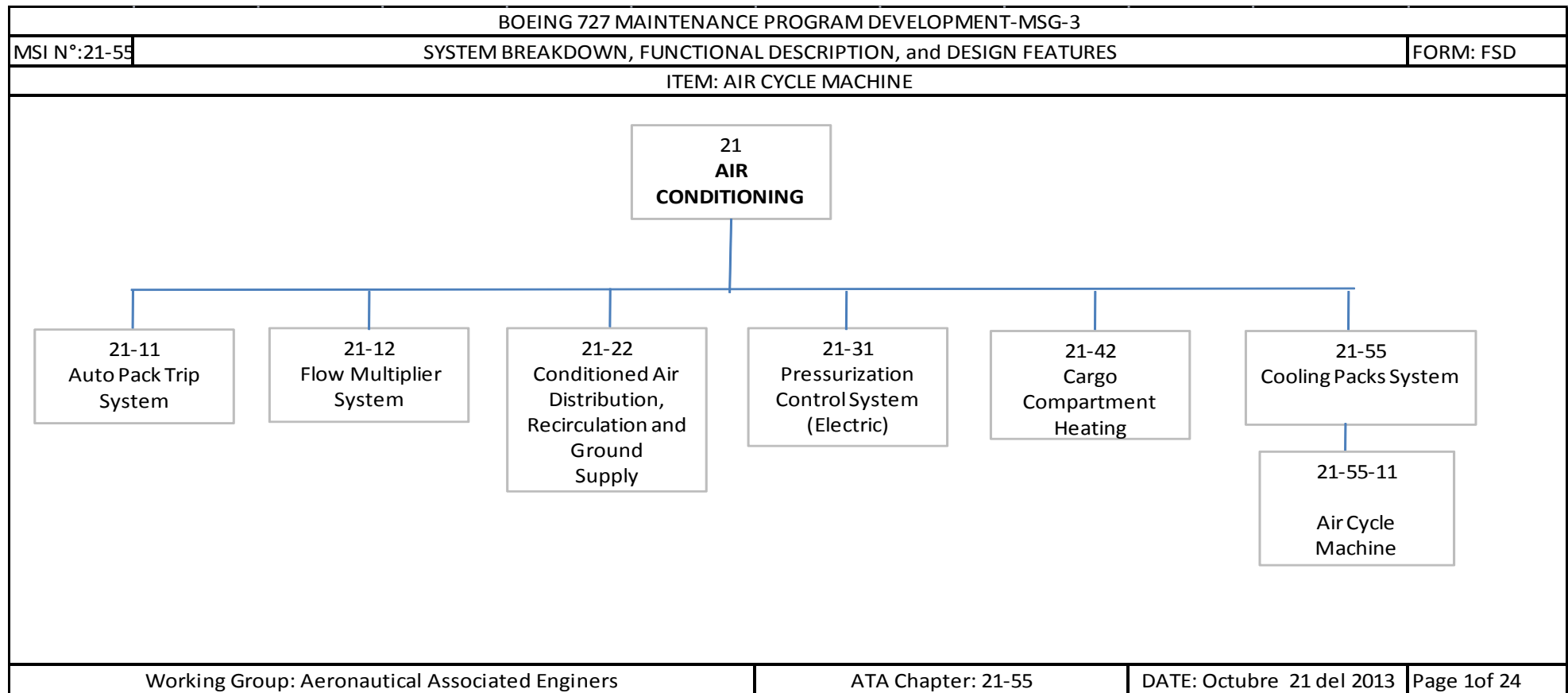
Es importante destacar que existe una relación uno a uno entre la función, falla funcional y efecto de la falla; pero un efecto de la falla podría tener más de un modo de falla.

- Formato de análisis seis, FEC (*Failure Effect Category*): Se usó para analizar el primer nivel de diagrama lógico MSG-3 permitiendo determinar la categoría del efecto de cada falla (evidente y oculta). Existen tres categorías de efecto evidente (seguridad, operacional y económico) y dos categorías de efecto oculto (seguridad y no seguridad). El flujo lógico se inició desde la parte superior del diagrama y las respuestas impusieron la dirección del análisis
- Formato de análisis siete, TSQ (*Task Selection Questions*). Se empleó para analizar el segundo nivel del diagrama lógico MSG-3, incluyendo desde la pregunta cinco hasta la nueve, en las que se tuvieron en cuenta las causas de cada falla funcional, y permitieron determinar la tarea o combinación de tareas que eran aplicables y efectivas.

ANEXO B

COMPONENTE 1

ANEXO B1. System breakdown, and design features (SFD)



ANEXO B2.

Maintenance significant item list (MSI)

[illegible]

ANEXO B3.

System Description

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3	
FORM: SFD	SYSTEM BREAKDOWN, FUNCTIONAL DESCRIPTION, and DESIGN FEATURES
MSI N°21-55	<u>ITEM DESCRIPTION</u> : AIR CYCLE MACHINE
SYSTEM DESCRIPTION The air cycle machine is a cooling unit consisting of an expansion turbine on a common shaft with a compressor. The shaft is bearing mounted in a housing to support the rotating turbine and compressor. A wick extends from the shaft to the bottom of the oil sump formed by the housing for lubrication of the moving parts. A filler plug and sight gage are provided on each side of the housing, with a magnetic oil drain plug on the bottom. The air cycle machine is located in the equipment bay between the duct leading from the primary heat exchanger and the duct to the water separator. A duct from the compressor and another to the turbine connect to the secondary heat exchanger. The turbine mounts are connected to airplane structure through serrated plates and washers to provide location adjustment. There is one air cycle machine for each cooling pack.	
Working Group: Aeronautical Associated Engineers	ATA Chapter:21-55 DATE: Octubre 21 del 2013 Page 3 of 24

ANEXO B4.

Component-maintainability and reliability data (MRB)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3								
FORM: MRD	COMPONENT-MAINTAINABILITY and RELIABILITY DATA							
MSI N°21-55	ITEM DESCRIPTION: Air Cycle Machine							
MM Refer	Analysis Items				QPA	SUPPLIER	P/N	RELIABILITY DATA
								Similar (A/P) Historical MTBUR Predicted MTBUR
21 55 11			Compressor					0 0
21 55 11			Turbine					N/A N/A
Working Group: Aeronautical Associated Engineers					ATA Chapter:21-55		DATE: Octubre 21 del 2013	
							Page 4 of 24	

ANEXO B5.

Functional failure (FFA)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3			
FORM: FFA	FUNCTIONAL FAILURE ANALYSIS		
MSI N°21-55	ITEM DESCRIPTION: AIR CYCLE MACHINE		
FUNCTION(S)	FUNCTIONAL FAILURE(S)	FAILURE EFFECT(S)	FAILURE CAUSE(S)
1.Expansion turbine on a common shaft. 2.Compressor on a common shaft	1.Fail of turbine. 2.Fail of the switch sense compressor discharge temperature.	1.Block in the bleed air pass and rise of temperature 2.Not indication in the senses compressor discharge.	1.1 turbine ducts are blocked 1.2 Damage in the turbine. 2.1 Sensor compressor discharge indication damage 2.2 Damage in the compressor
Working Group: Aeronautical Associated Engineers		ATA Chapter:21-55	DATE: Octubre 21 del 2013 Page 5 of 24

ANEXO B6.

Failure effect category (FEC)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3									
FORM:		FAILURE EFFECT CATEGORY							
FEC		ITEM DESCRIPTION: AIR CYCLE MACHINE							
MSI N°		N°(Functional Failure): 1.FAIL OF THE TURBINE							
21-55		N°(Failure Effect): 1. BLOCK IN THE BLEED AIR PASS AND RISE OF TEMPERATURE							
FAILURE EFFECT QUESTIONS					Question	Answer	Explanation		
-1- Is the occurrence of a functional failure evident to the operating crew during the performance of their duties? YES NO					1	Y	The failure is appreciated when the component is damaged with some evidence of failure.		
-2- Does the functional failure or secondary damage resulting from the functional failure have a direct adverse effect on operating safety? YES NO					2	Y	If the bleed air not be cooled that can generate adverse effect in the duties of the aircraft and could be dangerous for the security		
-3- Does the combination of a hidden functional failure and one additional failure of a system related or back up function have an adverse effect on operating safety? YES NO									
-4- Does the functional failure have a direct adverse effect on operating safety? YES NO									
-5- Evident safety	-6- Evident Operational Economic	-7- Evident Non Operational Economic	-8- Hidden Safety	-9- Hidden Non-Safety Economic	CATEGORY: 5 EVIDENT SAFETY REMARKS				
Working Group: Aeronautical Associated Engineers					ATA Chapter:21-55 DATE: Octubre 21 del 2013				

MMEL Ref:

ANEXO B7.

Task selection questions (TSQ)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3			
FORM: TSQ	TASK SELECTION QUESTIONS		
MSI N° 21-55	ITEM DESCRIPTION: AIR CYCLE MACHINE		
FAILURE CAUSE: 1.1. TURBINE DUCTS ARE BLOCKED			
TASK SELECTION QUESTIONS		Answer and Explanation (Based on Aplicability & Effectiveness Criteria)	
QUESTION		ANSWER	
5A	Is a lubrication or servicing task applicable and effective ?	Y	Because this component not need lubrication
5B	Is an inspection or functional check to detect degradation of function applicable & effective?	Y	This task is effective to determine the condition of the component
5C	Is a restoration task to reduce failure rate applicable & effective?	N	This task not is effective to this component
5D	Is a discard to avoid or to reduce the failure rate applicable & effective?	N	This task not is applicable because item does not showdegradation at an identifiable age
5E	Is there a task or combination of task applicable & effective?	Y	The task is applicable & effective
TASK DESCRPTION			TASK CAT
Lubricating the TURBINE , will assure the availability of the component check the ducts of air flow			LUB
Working Group: Aeronautical Associated Engineers			ATA Chapter:21-55
DATE:Octubre 21 del 2013			Page 7 of 24

ANEXO B8.

Task selection questions (TSQ)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3				
FORM: TSQ	TASK SELECTION QUESTIONS			
MSI N° 21-55	ITEM DESCRIPTION: AIR CYCLE MACHINE			
FAILURE CAUSE: 1.2. DAMAGE IN THE TURBINE.				
TASK SELECTION QUESTIONS		Answer and Explanation (Based on Aplicability & Effectiveness Criteria)		
QUESTION		ANSWER		
5A	Is a lubrication or servicing task applicable and effective ?	Y	Because this component not need lubrication	
5B	Is an inspection or functional check to detect degradation of function applicable & effective?	Y	This task is effective to determine the condition of the component	
5C	Is a restoration task to reduce failure rate applicable & effective?	N	This task not is effective to this component	
5D	Is a discard to avoid or to reduce the failure rate applicable & effective?	N	This task not is applicable because item does not show degradation at an identifiable age	
5E	Is there a task or combination of task applicable & effective?	Y	The task is applicable & effective	
TASK DESCRIPION			TASK CAT	FREQUENCY
Lubricating the TURBINE , will assure the availability of the component check the ducts of air flow			LUB	2C
Working Group: Aeronautical Associated Engineers		ATA Chapter:21-55	DATE: Octubre 21 del 2013	Page 8 of 24

ANEXO B9.

Failure effect category (FEC)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3									
FORM:		FAILURE EFFECT CATEGORY							
FEC		ITEM DESCRIPTION: AIR CYCLE MACHINE							
MSI N°		N°(Functional Failure): 2. FAIL OF THE SWITCH SENSE COMPRESSOR DISCHARGE TEMPERATURE.							
21 55		N°(Failure Effect): 2.							
FAILURE EFFECT QUESTIONS					Question	Answer	Explanation		
-1- Is the occurrence of a functional failure evident to the operating crew during the performance of their duties? YES NO					1	Y	The failure is appreciated when the component is damage with some evidence of failure. If the the low flow of air for cooling that can generate adverse effect in the duties of the aircraft and could be dangerous for the security		
-2- Does the functional failure or secondary damage resulting from the functional failure have a direct adverse effect on operating safety? YES NO					2	Y			
-3- Does the combination of a hidden functional failure and one additional failure of a system related or back up function have an adverse effect on operating safety? YES NO									
-4- Does the functional failure have a direct adverse effect on operating safety? YES NO									
-5-	-6-	-7-	-8-	-9-					
Evident safety	Evident Operational Economic	Evident Non Operational Economic	Hidden Safety	Hidden Non-Safety Economic					
					CATEGORY: 5 EVIDENT SAFETY			MMEL Ref:	
					REMARKS				
Working Group: Aeronautical Associated Engineers					ATA Chapter:21 55			DATE: Octubre 21 del 2011 Page 9 of 24	

ANEXO B10.

Task selection questions (TSQ)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3				
FORM: TSQ		TASK SELECTION QUESTIONS		
MSI N° 21 55		ITEM DESCRIPTION: AIR CYCLE MACHINE		
FAILURE CAUSE: 2.1. SENSOR COMPRESSOR DISCHARGE INDICATION DAMAGE				
TASK SELECTION QUESTIONS		Answer and Explanation (Based on Aplicability & Effectiveness Criteria)		
QUESTION		ANSWER		
5A	Is a lubrication or servicing task applicable and effective ?	N	Because this component not need lubrication	
5B	Is an inspection or functional check to detect degradation of function applicable & effective?	N	This task is effective to determine the condition of the component	
5C	Is a restoration task to reduce failure rate applicable & effective?	N	This task not is effective to this component	
5D	Is a discard to avoid or to reduce the failure rate applicable & effective?	Y	This task is applicable because item does show degradation at an identifiable age	
	DISCARD	Y	Discard the component	
TASK DESCRIPION			TASK CAT	FREQUENCY
Discard the SENSOR COMPRESSOR DISCHARGE INDICATION DAMAGE with verify availability of the component, According with LAS monitoring			DIS	AWLM
Working Group: Aeronautical Associated Engineers		ATA Chapter:21 55	DATE: Octubre 21 del 2013 Page 10 of 24	

ANEXO B11.

Task selection questions (TSQ)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3				
FORM: TSQ		TASK SELECTION QUESTIONS		
MSI N° 21 55		ITEM DESCRIPTION: COAIR CYCLE MACHINE		
FAILURE CAUSE: 2.2. DAMAGE IN THE COMPRESSOR				
TASK SELECTION QUESTIONS		Answer and Explanation (Based on Aplicability & Effectiveness Criteria)		
QUESTION		ANSWER		
5A	Is a lubrication or servicing task applicable and effective ?	Y	Because this component need lubrication	
5B	Is an inspection or functional check to detect degradation of function applicable & effective?	Y	This task is effective to determine the condition of the component	
5C	Is a restoration task to reduce failure rate applicable & effective?	N	This task not is effective to this component	
5D	Is a discard to avoid or to reduce the failure rate applicable & effective?	N	This task not is applicable because item does not show degradation at an identifiable age	
5E	Is there a task or combination of task applicable & effective?	Y	The task is applicable & effective	
TASK DESCRITPION			TASK CAT	FREQUENCY
Operationally check the Compressor , OPC will verify availability			OPC	4C
Working Group: Aeronautical Associated Engineers		ATA Chapter:21 55	DATE: Octubre 21 del 2013	Page 11 of 24

ANEXO B12.

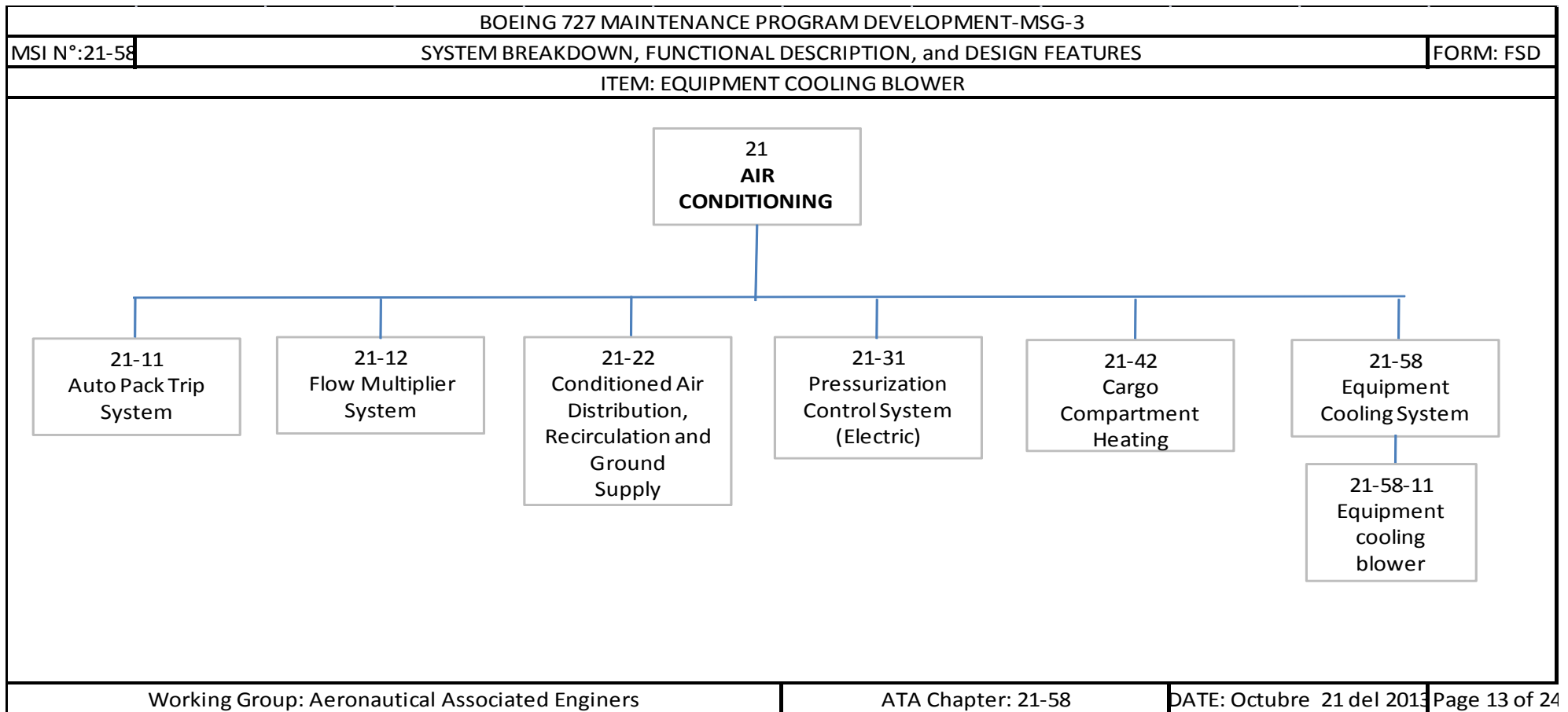
Componentes tareas y acciones a implementar

ATA:21 55		COMPONENTE				
TIPO DE COMPONENTE	TAREA EXISTENTE			TAREA ENCONTRADA SEGÚN ANALISIS		ACCIONES A IMPLEMENTAR
	NUM. DE TARJETA	TIPO DE TARJETA	INTERVALO	TIPO DE TAREA	INTERVALO	
Compressor	20-055-11-01	OPC	B	LUB	2C	ELABORAR TARJETA QUE REALICE LA LUBRICACION
				LUB	2C	
Turbine	20-055-11-02	OPC	B	DIS	AWLM	MONITOREAR EL COMPONENTE Y ELABORAR UNA TARJETA DE DISCARD DE ACUERDO A LOS RESULTADOS
			B	OPC	4C	NINGUNA
Working Group: Aeronautical Associated Engineers						DATE:Octubre 21 del 2013

ANEXO B13.

COMPONENTE 2

ANEXO C1. System breakdown, and design features (SFD)



ANEXO B14.

Maintenance significant item list (MSI)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3										
FORM: MSI		MAINTENANCE SIGNIFICANT ITEM LIST (MSI)								
MSI N°21-58		DESCRIPTION					REMARKS			
21 58		EQUIPMENT COOLING BLOWER					This mechanisms has different components each one has it's P/N , hence the whole mechanism does not has only one P/N			
	1	blower electrical connector								
	2	bonding jumper at blower.								

ANEXO B15.

System Description

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3			
FORM: SFD	SYSTEM BREAKDOWN, FUNCTIONAL DESCRIPTION, and DESIGN FEATURES		
MSI N°21-58	ITEM DESCRIPTION : EQUIPMENT COOLING BLOWER		
SYSTEM DESCRIPTION The The blower is 1-1/2 stage (two rotors and one stator) axial flow type with the electric motor mounted on centerline of the blowers cylindrical housing. The blower has a rated capacity of 47.2 lb/min of air at 130°F operating against a static pressure head of 8 inches of water. Operation of the blower is continuous. The motor operates on 115-volt, three-phase power, taken from the P6 load control center (Fig. 2) and is designed for continuous duty operation. The utilization of an extra rotor in the blower is necessary in order to extend the stall point below 27 lb/min. This precludes blower stall when the flow control valve is closed and the system airflow rate is established by the flow limiting nozzle alone. The blower is connected in the discharge duct by means of a short flexible duct and duct clamps and is secured by the blowersupport. To decrease the noise level inherent in a multistage blower, a full chord space has been provided between the trailing edge of the stator and the leading edge of the second impeller. Axial flow fan noise, which is generally attributable to operation of the impeller in strong wakes, is weakened since the spacing permits diffusion of the three stator blade wakes.			
Working Group: Aeronautical Associated Engineers		ATA Chapter:21 58	DATE: Octubre 21 del 2013 Page 15 of 24

ANEXO B16.

Component-maintainability and reliability data (MRB)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3										
FORM: MRD	COMPONENT-MAINTAINABILITY and RELIABILITY DATA									
MSI N°21-58	ITEM DESCRIPTION: EQUIPMENT COOLING BLOWER									
MM Refer	Analysis Items				QPA	SUPPLIER	P/N	RELIABILITY DATA		
								Similar (A/P)	Historical MTBUR	Predicted MTBUR
21 58 11	blower electrical connector				2				N/A	N/A
21 58 11	bonding jumper at blower.				2				N/A	N/A

ANEXO B17.

Functional failure (FFA)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3					
FORM: FFA		FUNCTIONAL FAILURE ANALYSIS			
MSI N°21-58		<u>ITEM DESCRIPTION:</u> EQUIPMENT COOLING BLOWER			
FUNCTION(S)		FUNCTIONAL FAILURE(S)	FAILURE EFFECT(S)	FAILURE CAUSE(S)	
1.Provide power to the blower 2.Keep the blower on position		1.Fail to prvide power to the blower 2.Fail of bonding jumper at blower.	1.The blower not works because not have power 2.Not keep the blower on position	1.1 Wiring damage 1.2 Not comes power. 2.1 Vibrations in the blower 2.2 Decoupling blower	
Working Group: Aeronautical Associated Engineers			ATA Chapter:21 58	DATE: Octubre 21 del 2013	Page 17 of 24

ANEXO B18.

Failure effect category (FEC)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3									
FORM:	FAILURE EFFECT CATEGORY								
FEC	ITEM DESCRIPTION: EQUIPMENT COOLING BLOWER								
MSI N°	N°(Functional Failure): 1. FAIL TO PRIVIDE POWER TO THE BLOWER								
21-58	N°(Failure Effect): 1. THE BLOWER NOT WORKS BECAUSE NOT HAVE POWER								
FAILURE EFFECT QUESTIONS					Question	Answer	Explanation		
-1- Is the occurrence of a functional failure evident to the operating crew during the performance of their duties? YES NO					1	N	The failure not is aprecciaded when the component is damage with some evidence of failure.		
-2- Does the functional failure or secondary damage resulting from the functional failure have a direct adverse effect on operating safety? YES NO					3	Y	If the cooling system not works good the high temperature can affect the safety		
-3- Does the combination of a hidden functional failure and one additional failure of a system related or back up function have an adverse effect on operating safety? YES NO									
-4- Does the functional failure have a direct adverse effect on operating safety? YES NO									
-5-	-6-	-7-	-8-	-9-					
Evident safety	Evident Operational Economic	Evident Non Operational Economic	Hidden Safety	Hidden Non-Safety Economic					
Working Group: Aeronautical Associated Engineers					CATEGORY: 8 HIDDEN SAFETY				
					MMEI Ref:				
					REMARKS				
					DATE: Octubre 21 del 2013				
					Page 18 of 24				

ANEXO B19.

Task selection questions (TSQ)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3				
FORM: TSQ		TASK SELECTION QUESTIONS		
MSI N° 21-58		<u>ITEM DESCRIPTION:</u> EQUIPMENT COOLING BLOWER		
FAILURE CAUSE: 1.1. WIRING DAMAGE				
TASK SELECTION QUESTIONS		Answer and Explanation (Based on Aplicability & Effectiveness Criteria)		
QUESTION		ANSWER		
8A	Is a lubrication or servicing task applicable and effective ?	N	Because this component not need lubrication	
8B	check to verify operation applicable & effective?	N	This task is effective to determine the condition of the component	
8C	Is an inspection or functional chek to detect degradation of functional failure rate applicable & effective?	Y	This task not is effective to this component	
8D	Is a discard to avoid or to reduce the failure rate applicable & effective?	N	This task is effective to determine the condition of the component	
8E	Is a restoration task to reduce failure rate applicable & effective?	N	This task not is applicable because item does not show degradation at an identifiable age	
8F	Is there a task or combination of tasks which are applicable & effective?	Y	The task is applicable & effective	
TASK DESCRIPION				FREQUENCY
Functional check the WIRING (FNC will verify availability)			FNC	4C
Working Group: Aeronautical Associated Engineers		ATA Chapter:21 58	DATE:Octubre 21 del 2013	Page 19 of 24

ANEXO B20.

Task selection questions (TSQ)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3				
FORM: TSQ		TASK SELECTION QUESTIONS		
MSI N° 21-58		ITEM DESCRIPTION: EQUIPMENT COOLING BLOWER		
FAILURE CAUSE: 1.2. NOT COMES POWER.				
TASK SELECTION QUESTIONS		Answer and Explanation (Based on Aplicability & Effectiveness Criteria)		
QUESTION		ANSWER		
8A	Is a lubrication or servicing task applicable and effective ?	N	Because this component not need lubrication	
8B	check to verify operation applicable & effective?	Y	This task is effective to determine the condition of the component	
8C	Is an inspection or functional chek to detect degradation of functional failure rate applicable & effective?	N	This task not is effective to this component	
8D	Is a discard to avoid or to reduce the failure rate applicable & effective?	N	This task not is applicable because item does not show degradation at an identifiable age	
8E	Is a restoration task to reduce failure rate applicable & effective?	N	This task not is applicable because item does not show degradation at an identifiable age	
8F	Is there a task or combination of task applicable & effective?	Y	The task is applicable & effective	
TASK DESCRITPION			TASK CAT	FREQUENCY
Operationally check Not come power, (OPC will verify availability)			OPC	4C
Working Group: Aeronautical Associated Engineers		ATA Chapter:21 58	DATE: Octubre 21 del 2013	Page 20 of 24

ANEXO B21.

Failure effect category (FEC)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3										
FORM:		FAILURE EFFECT CATEGORY								
FEC		ITEM DESCRIPTION: EQUIPMENT COOLING BLOWER								
MSI N°		N°(Functional Failure): 2. FAIL OF BONDING JUMPER AT BLOWER.								
21- 58		N°(Failure Effect): 2. ☒ NOT KEEP THE BLOWER ON POSITION								
FAILURE EFFECT QUESTIONS					Question	Answer	Explanation			
-1- Is the occurrence of a functional failure evident to the operating crew during the performance of their duties? YES NO					1	N	The failure is appreciated when the component is damage with some evidence of failure. If the cooling system not works good the hight temperature can affect the safety			
					3	Y				
-2- Does the functional failure or secondary damage resulting from the functional failure have a direct adverse effect on operating safety? YES NO					-3- Does the combination of a hidden functional failure and one additional failure of a system related or back up function have an adverse effect on operating safety? YES NO					
-4- Does the functional failure have a direct adverse effect on operating safety YES NO										
-5- Evident safety		-6- Evident Operational Economic		-7- Evident Non Operational Economic		-8- Hidden Safety		-9- Hidden Non-Safety Economic		
					CATEGORY: 8 HIDDEN SAFETY			MMEL Ref:		
					REMARKS					
Working Group: Aeronautical Associated Engineers					ATA Chapter:21 58			DATE: Octubre 21 del 2013 Page 21 of 24		

ANEXO B22.

Task selection questions (TSQ)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3				
FORM: TSQ	TASK SELECTION QUESTIONS			
MSI N°	ITEM DESCRIPTION: EQUIPMENT COOLING BLOWER			
21-58				
FAILURE CAUSE: 2.1. VIBRATIONS IN THE BLOWER				
TASK SELECTION QUESTIONS		Answer and Explanation (Based on Aplicability & Effectiveness Criteria)		
QUESTION		ANSWER		
8A	Is a lubrication or servicing task applicable and effective ?	N	Because this component not need lubrication	
8B	check to verify operation applicable & effective?	Y	This task is effective to determine the condition of the component	
8C	Is an inspection or functional chek to detect degradation of functional failure rate applicable & effective?	Y	This task is effective to determine the condition of the component	
8D	Is a restoration task to reduce failure rate applicable & effective?	N	This task not is applicable because item does show degradation at an identifiable age	
8E	Is a discard to avoid or to reduce the failure rate applicable & effective?	N	This task not is effective to determine the condition of the component	
8F	Is there a task or combination of task applicable & effective?	Y	The task is applicable & effective	
TASK DESCRITPION			TASK CAT	FREQUENCY
Operationally check Not come power, (OPC will verify availability)			OPC	4C
Working Group: Aeronautical Associated Engineers		ATA Chapter:21 58		DATE: Octubre 21 del 2013
				Page 22 of 24

ANEXO B23. Task selection questions (TSQ)

BOEING 727 MAINTENANCE PROGRAM DEVELOPMENT-MSG-3				
FORM: TSQ		TASK SELECTION QUESTIONS		
MSI N° 21-58		ITEM DESCRIPTION: EQUIPMENT COOLING BLOWER		
FAILURE CAUSE: 2.2. DECOUPLING BLOWER				
TASK SELECTION QUESTIONS		Answer and Explanation (Based on Aplicability & Effectiveness Criteria)		
QUESTION		ANSWER		
8A	Is a lubrication or servicing task applicable and effective ?	N	Because this component not need lubrication	
8B	check to verify operation applicable & effective?	Y	This task is effective to determine the condition of the component	
8C	Is an inspection or functional chek to detect degradation of functional failure rate applicable & effective?	Y	This task not is effective to this component	
8D	Is a restoration task to reduce failure rate applicable & effective?	N	This task not is applicable because item does show degradation at an identifiable age	
8E	Is a discard to avoid or to reduce the failure rate applicable & effective?	N	This task not is applicable because item does not show degradation at an identifiable age	
8F	Is there a task or combination of task applicable & effective?	Y	The task is applicable & effective	
TASK DESCRITPION			TASK CAT	FREQUENCY
Operationally check the DECOUPLING BLOWER,(OPC will verify availability)			OPC	4C
Working Group: Aeronautical Associated Engineers			ATA Chapter:21 58	DATE: Octubre 21 del 2013 Page 23 of 24

ANEXO B24.

Componentes tareas y acciones a implementar

ATA:21 58		COMPONENTE				
TIPO DE COMPONENTE	TAREA EXISTENTE			TAREA ENCONTRADA SEGÚN ANALISIS		ACCIONES A IMPLEMENTAR
	NUM. DE TARJETA	TIPO DE TARJETA	INTERVALO	TIPO DE TAREA	INTERVALO	
blower electrical connector	20-058-11-01	OPC	B	FNC	4C	SI SE PRESENTA PROBLEMAS ELABORAR UNA TARJETA DE INSPECCION FUNCIONAL
				OPC	4C	
bonding jumper at blower.	20-058-11-02	OPC	B	OPC	4C	NINGUNA
			B	OPC	4C	NINGUNA
Working Group: Aeronautical Associated Engineers						DATE:Octubre 21 del 2013