

**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE CONFIABILIDAD PARA
OPTIMIZAR EL MANTENIMIENTO DE LA FLOTA BEECHCRAFT DE LA
EMPRESA DE AMBULANCIAS AÉREAS MEDICALFLY S.A.S.**

EDINSON FABIAN PINILLA TELLEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2016

**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE CONFIABILIDAD PARA
OPTIMIZAR EL MANTENIMIENTO DE LA FLOTA BEECHCRAFT DE LA
EMPRESA DE AMBULANCIAS AÉREAS MEDICALFLY S.A.S.**

EDINSON FABIAN PINILLA TELLEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

Director

DANIEL ORTÍZ PLATA

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2016

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere presentar sus reconocimientos a:

A Dios, por brindarme la sabiduría y la fortaleza necesaria, para poder culminar la especialización de una forma exitosa a través del tiempo transcurrido y por concederme la inteligencia para finalizar satisfactoriamente este trabajo de grado.

A la familia Pinilla Tellez por la motivación constante, el soporte moral, espiritual, afectivo y económico.

A la Universidad Industrial de Santander, por ofrecer los conocimientos a nivel profesional, para el desarrollo de este proyecto.

A la compañía Medicalfly S.A.S. por su colaboración y confianza en el desarrollo del proyecto. Además, por ofrecer la información necesaria, para el cumplimiento efectivo de los objetivos propuestos.

A la Facultad de la Universidad Industrial de Santander por acompañarnos con su experiencia y conocimiento durante el proceso de formación, especialmente al ingeniero Daniel Ortiz porque con su excelente apoyo y dirección, logramos llevar a cabo éste trabajo.

Al comité de proyectos de grado de la Universidad Industrial de Santander, por sus orientaciones necesarias.

DEDICATORIA

Este gran proyecto de grado se lo dedico a mi gran amigo, el cual nunca me ha abandonado, el que siempre me ha impulsado de una u otra forma a seguir luchando por mis sueños, a ti DJS padre que gracias a esa bonita salud, inteligencia, sabiduría y otras grandes cualidades que me has dado, he logrado superar cada uno de los retos durante esta etapa universitaria de manera eficaz, alcanzado una de mis principales metas, "ser Ingeniero Mecánico". Gratisimas Señor.

A mi bella madre Ruby Tellez, que ha sido mi gran apoyo no solo en esta etapa profesional, si no durante cada segundo de mi vida, dándome los mejores consejos, su cariño, su comprensión, su linda sonrisa en esos momentos donde más lo he necesitado, su gran confianza en mí y sobre todo su incomparable Amor. Que sin esto hubiese sido muy difícil llegar a ser la persona que soy hoy en día. Realmente me has enseñado que es luchar con verriquera. Te Amo madrecita.

A mi maravilloso padre Orlando Pinilla, que con su ejemplar aptitud, disciplina y cariño, ha logrado llevarme a tan anhelado sueño profesional, ya que esa lucha constante por la familia ha sido la base fundamental en nuestros éxitos. Gracias por tu incondicional apoyo tanto moral como económico y te prometo que seguiré haciendo valer cada esfuerzo y gota de sudor que has tenido que pasar por el bienestar de nosotros. Te Amo padrecito.

A mis hermanos Cristian, Jefferson y David que me han apoyado y me han tenido paciencia en aquellos momentos donde los he necesitado para salir adelante, ustedes que siempre han estado con mí en las buenas y en las malas brindándome su amistad, su confianza y su cariño.

GRACIAS POR SER MI FAMILIA.

Finalmente dedico este proyecto y doy gracias a la Universidad UFS, por contribuir en mi formación como especialista, contando con profesionales destacados que a lo largo del tiempo me ofrecieron sus extraordinarios conocimientos.

Edinson Fabian Pinilla Tellez

TABLA DE CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN.....	16
1. MEDICALFLY S.A.S.....	41
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	41
1.2 PROCESOS	41
1.3 MANTENIMIENTO DE LA FLOTA.....	42
1.4 ORGANIGRAMA DE MANTENIMIENTO	45
1.4.1 Departamento Control Calidad	45
1.4.2 Departamento de Mantenimiento	46
1.4.3 Departamento de Ingeniería y Estadística.....	46
1.4.4 SMS.....	46
2. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.....	48
2.1 HISTORIA DE RCM.....	48
2.2 OBJETIVOS DEL RCM	48
2.3 RCM Y AVIACIÓN	50
2.3.1 Normatividad RCM	50
2.4 TÉCNICAS DE CONFIABILIDAD	52
2.5 FILOSOFÍA DEL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD.....	53
2.6 CONCEPTO OPERACIONAL DEL PROGRAMA.....	54
2.6.1 Aplicabilidad de la metodología RCM.....	55
2.6.2 Proceso de control de confiabilidad.....	56
3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	62
3.1. INTRODUCCIÓN.....	62
3.2. ORGANIGRAMA DEL COMITÉ DE CONFIABILIDAD	42
3.3. RESPONSABILIDADES DEL INGENIERO DE CONFIABILIDAD.....	42
3.4. COMITÉ DE CONFIABILIDAD	44
3.5. FUNCIONES DEL COMITÉ DE CONFIABILIDAD	45

3.5.1.	Reuniones Mensuales	45
3.5.2.	Reuniones Trimestrales.....	46
3.6.	DOCUMENTOS DE INFORMACIÓN RCM	48
3.7.	PROCEDIMIENTO PARA REUNIÓN DE CONFIABILIDAD.....	49
4.	SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	53
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	53
4.2.	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	53
4.3.	VERACIDAD DE LA INFORMACIÓN	54
4.4.	DIAGRAMAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	56
5.	SISTEMA ESTÁNDARES DE RENDIMIENTO	82
5.1	ESTÁNDAR DE ANÁLISIS DE TIPO NO ALERTA.....	82
5.2	TÉCNICAS DE MONITOREO	83
6	SISTEMA DE ANÁLISIS DE DATOS	85
6.1	INTRODUCCIÓN.....	85
6.2	ANÁLISIS REPORTES MANTENIMIENTO – OPERACIONES.....	85
6.2.1	Análisis de Criticidad - Reportes.....	85
6.2.2	Calculo de Criticidad Total.....	87
6.2.3	Clasificación de los reportes y cálculo de criticidad.....	87
6.2.4	Rangos de Criticidad	87
6.2.5	Matriz de Criticidad – Reportes Mantenimiento / Operaciones.....	87
6.3	DIAGRAMAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	88
7	CAMBIOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	94
7.1	FACTORES A TENER EN CUENTA EN LOS CAMBIOS DE MTO... 94	
7.2	COMPONENTES CON TIEMPO ENTRE REPARACIONES GENERALES (HARD TIME).....	95
8.	CONCLUSIONES.....	96
9.	RECOMENDACIONES	98
	BIBLIOGRAFÍA.....	101
	ANEXOS.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama Mantenimiento MedicalFly	45
Figura 2. Circulo de Confiabilidad.....	54
Figura 3. Diagrama RCM	57
Figura 4. Comité de Confiabilidad.....	42
Figura 5. Elementos Claves del Proceso RCA.....	104
Figura 6. Generalidades del Proceso RCA	105
Figura 7. Descripción de fallas a los largo de su vida útil.	108
Figura 8. Agrupación de eventos con un elemento común principal.....	108
Figura 9. Plan de Prevención – Soluciones RCA.....	111
Figura 10. Análisis ABC	113
Figura 11. Pareto comparativo antes y después de la mejora	115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Mantenimiento Beechcraft C90.....	43
Tabla 2. Mantenimiento Learjet 45.....	44
Tabla 3. Normatividad RCM.....	51
Tabla 4. Identificación Motores - Hélices	56
Tabla 5. Habilidades del Ingeniero de Confiabilidad	43
Tabla 6. Delegación asistencia Comité confiabilidad	45
Tabla 7. Documentos RCM.....	48
Tabla 8. Fuentes de Información	53
Tabla 9. Técnicas de Monitoreo.....	83

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. ANALISIS POR FMECA.....	102
ANEXO B. ANALISIS POR RCA.....	104
ANEXO C. ANALISIS WEIBULL.....	111
ANEXO D. ANALISIS DE PARETO.....	113
ANEXO E. LIMITES DE OPERACION DEL MOTOR (PRATT & WHITNEY)	116

DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A menos que sea definido de otra forma en este Programa de Confiabilidad, todas las palabras, frases, definiciones y abreviaturas tiene igual significado que aquellos usados en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC). Adicionalmente las definiciones y abreviaturas listadas a continuación son aplicables a los procedimientos descritos en este documento.

AERONAVEGABILIDAD: Es la capacidad de una aeronave para cumplir con seguridad con las condiciones de utilización previstas. Área de Aeronavegabilidad en la organización esta compuesta por Control Calidad, Mantenimiento, Ingeniería y Confiabilidad.

AC: Advisory Circular.

AD: Directiva de Aeronavegabilidad.

AIT: Inspector Técnico Autorizado.

ATA: Air Transport Association.

CASS: Sistema de Análisis y Vigilancia Continua.

CDM: Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad.

CI: Circular Informativa.

Confiabilidad Operacional: la habilidad de realizar las funciones requeridas dentro de estándares operacionales aceptables por el período de tiempo especificado.

Datos reales y aplicables: aquellos datos sobre hardware operativo real, que es suficientemente similar al hardware en discusión a ser aplicable al diseño o programas de mantenimiento para el hardware actual.

Efectividad Potencial: capaz de ser incrementada o implementada en algún grado (acción de mantenimiento).

Efectos de Falla: la consecuencia de la falla.

Elementos Significantes de Mantenimiento: Aquellos elementos de mantenimiento que son juzgados por el fabricante por ser relativamente los más importantes a partir de un punto de vista de seguridad o confiabilidad, o a partir de un punto de vista económico.

Elementos Estructurales Significantes: aquellas áreas locales de estructuras primarias las cuales son juzgadas por el fabricante a ser relativamente las más importantes a partir de un punto de vista de fatiga o vulnerabilidad a la corrosión o a partir de un punto de vista de efectos de falla.

FAA: Federal Aviation Administration.

FMEA: Failure Mode and Effects Analysis.

Función: las acciones características de unidades, sistemas y aeronaves.

MEL: Equipo Mínimo para despacho (Minimum Equipment List).

MGM: Manual General de Mantenimiento.

Modos de Falla: formas en las cuales unidades, sistemas y aeronaves que al deteriorarse pueden ser consideradas como que han fallado.

Monitoreo de Tripulación de Vuelo Rutinario: aquel monitoreo que es inherente a la operación normal de la aeronave. Por ejemplo, la lista de chequeo pre-vuelo, o la operación normal de la aeronave y sus componentes. No incluye el monitoreo de equipo "de reserva" que normalmente no es considerado como parte de un vuelo normal.

Nivel Inherente de Confiabilidad y Seguridad: Es aquel nivel sobre el que se concibió y se basó la construcción de la unidad y por lo tanto es inherente a su diseño. Este es el más alto nivel de confiabilidad y seguridad que puede ser esperado a partir de una unidad, sistema, o aeronave. Para lograr mayores niveles de confiabilidad generalmente se requiere modificación o re-diseño, por parte del Fabricante.

RCA: Root Cause Analysis

RCM: Reliability Centered Maintenance

Reducción en Resistencia a la Falla: la deterioración de niveles inherentes de confiabilidad (diseño). A medida que la resistencia a la falla se reduce, las fallas incrementan; resultando en una confiabilidad más baja. Si la reducción en la falla puede ser detectada, el mantenimiento puede ser realizado previo al punto donde la confiabilidad es adversamente afectada.

RVSM: Reduced Vertical Separation Minimum.

SMS: Safety Management System.

TAR / TARE: Talleres Aeronáuticos de Reparación / Talleres Aeronáuticos de Reparación en el Exterior.

UAEAC: Unidad Administrativa de la Aeronáutica Civil.

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE CONFIABILIDAD PARA OPTIMIZAR EL MANTENIMIENTO DE LA FLOTA BEECHCRAFT DE LA EMPRESA DE AMBULANCIAS AÉREAS MEDICALFLY S.A.S.*

AUTOR: EDINSON FABIAN PINILLA TELLEZ**

PALABRAS CLAVES: RCM, *Reliability Centered Maintenance*, Mantenibilidad, Confiabilidad, Disponibilidad, Contexto Operacional, Metodología de Confiabilidad, Estándares de Rendimiento.

DESCRIPCIÓN:

En la actualidad estamos en una época donde el tiempo es un factor muy importante, y el cual debe ser aprovechado de forma eficiente, por tal razón la tecnología ha contribuido de manera positiva, haciendo que el mundo se mueva de una forma más rápida y ágil, y para esto, uno de los ejemplos claros es el transporte aéreo, reconociendo a esta industria como de las más avanzadas y entregándole a sus usuarios una satisfacción en la calidad del servicio. La industria aeroespacial se ha caracterizado por altos estándares con respecto al diseño, operación y mantenimiento de aeronaves. El mantenimiento que se realiza a las aeronaves de la organización es de acuerdo a las directrices de sus fabricantes. A pesar de que los procedimientos de mantenimiento son rigurosos y vigilados por la autoridad aeronáutica, no siempre son tan efectivos con respecto al contexto operacional de la flota.

Este trabajo tiene como objetivo diseñar una metodología de confiabilidad para la flota de la organización de acuerdo a sus necesidades y perfil operacional siguiendo la normatividad aeronáutica, y que ofrezca un mejoramiento en factores de mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad de las aeronaves.

El contenido del proyecto está compuesto por 7 capítulos que componen la metodología de confiabilidad, capítulo 1 comprende la descripción de la compañía y sus procesos de mantenimiento, el capítulo 2 se analiza la relación entre la aviación y el RCM, identificando normatividad y técnicas adecuadas de confiabilidad para el diseño de la metodología, el capítulo 3 se establece la estructura organizacional del programa de confiabilidad, el capítulo 4 describe el sistema de recolección de datos, en el capítulo 5 está orientado al sistema estándar de rendimiento y finalmente los capítulos 6 y 7 se propone el sistema de análisis de datos y ajustes de frecuencias de mantenimiento y/o procedimientos.

* Monografía de especialización

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento,
Director Ingeniero Daniel Ortiz Plata

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF A MANAGEMENT MODEL OF RELIABILITY TO OPTIMIZE BEEHCRAFT FLEET MAINTENANCE OF THE COMPANY AMBULANCIAS AÉREAS MEDICALFLY S.A.S.*

AUTHOR: EDINSON FABIAN PINILLA TELLEZ**

KEY WORDS: *RCM, Reliability Centered Maintenance*, mantenibilidad, confiabilidad, disponibilidad, Contexto Operacional, Metodología de Confiabilidad, Estándares de Rendimiento.

DESCRIPTION:

Today we are in a period where time is a very important factor, and which must be exploited an efficient manner for this reason technology has contributed positively in this, making the world to move in a more quick and agile, and for this, one of the most obvious examples is air transport, recognizing this industry as the most advanced and giving users a satisfaction with the quality of service. The aerospace industry has been characterized by its high standards regarding the design, operation and maintenance of aircraft. The maintenance is carried out on aircraft of the organization is in accordance with the directives of the manufacturers. Although maintenance procedures are rigorous and monitored by the aviation authority, they are not always as effective with respect to the operational context of the fleet.

This work aims to design a reliability methodology for the fleet of the organization according to their needs and operational profile following the aviation regulations, and that provides an improvement in factors maintainability, availability and reliability of aircraft.

The content of this project consists of 7 chapters that make up the methodology of reliability, chapter 1 includes the description of the company and its maintenance processes, chapter 2 the relationship between aviation and RCM analyzes, identifying standards and techniques adequate reliability for the design methodology chapter 3 the organizational structure of the reliability program is established, chapter 4 describes the system of data collection, in chapter 5 is oriented standard system performance and finally chapters 6 and 7 system data analysis and maintenance frequency adjustment and / or procedures is proposed.

* Specialization Monograph

** Faculty of Mechanical Engineering – Physical. Specialization Management of Maintenance,
Director Engineer Daniel Ortiz Plata

INTRODUCCIÓN

En la industria de aviación uno de los temas más relevantes y que cada empresa debe tener como prioridad, es la seguridad aeronáutica, por esta razón los estándares de seguridad son tan altos. Constantemente el mejoramiento continuo es promulgado, mediante la implementación de nuevos procedimientos, tecnología avanzada y capacitación del personal involucrado con la aeronave. La Aeronáutica Civil de Colombia UAEAC, es la autoridad de aviación regular y no regular a nivel nacional, mediante los RAC (Reglamentos Aeronáuticos de Colombia), los cuales tienen como función normalizar las reglas del espacio aéreo colombiano, el mantenimiento de las aeronaves, formas de inspección, procedimientos de operación y el cuidado legal desde su almacenamiento hasta su montaje. El mantenimiento de la organización se rige bajo RAC 4 y 43, donde se especifica que aeronavegabilidad debe contar con un programa de confiabilidad para su flota y que en la actualidad la organización no lo dispone, dando como resultado un programa de mantenimiento de sus aeronaves no customizado.

La implementación de una metodología de confiabilidad para la flota, aparte de cumplir con los reglamentos aeronáuticos, puede producir beneficios considerables con respecto a factores de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de las aeronaves, los cuales en la actualidad no cumplen con los objetivos de la compañía, afectando la evolución de esta. El mantenimiento se realiza de acuerdo a lo estipulado por el fabricante, pero estas directrices no siempre son tan eficaces y esto se demuestra cuando los sistemas y sub sistemas no llegan a la vida útil que esperan sus diseñadores, debido a que las características operacionales de cada aeronave son diferentes. El programa de confiabilidad tiene dos funciones básicas, la primera es que mediante la implementación de técnicas de confiabilidad se pueda obtener información sobre la confiabilidad de la flota y de esta forma determinar la efectividad del programa de mantenimiento que está siendo llevado a cabo. La

segunda función es obtener información técnica relevante y precisa, con la cual la confiabilidad de la flota mejoraría por medio de cambios y ajustes a los programas y/o prácticas de mantenimiento y operación.

El objetivo de este documento es diseñar una metodología de confiabilidad que pueda optimizar el programa de mantenimiento actual de la flota, mediante el análisis de técnicas de confiabilidad, contexto operacional de las aeronaves, información que la organización dispone actualmente y cumplimiento de la normatividad aeronáutica, esto con el propósito de incidir de forma positiva en factores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de las aeronaves. Para lograr esto, el trabajo es dividido en una descripción general de la organización y el RCM, aplicación del programa por modelo de flota con sus respectivas identificaciones, 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, sistema para acciones correctivas y modificación a los programas de mantenimiento.

1. MEDICALFLY S.A.S.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

La compañía es especializada en Medicina Aeroespacial, tiene operación a nivel de todo el territorio Colombiano, e internacionalmente en Centro América, islas del Caribe, Bahamas y sur de Estados Unidos. Cuenta con más de 10 años de experiencia en el sector salud y 200 camas de cuidados intensivos a lo largo del país, en las ciudades de Bogotá, Tunja, Neiva, Pitalito, Mocoa y Florencia, contando con la participación de Especialistas Médicos y una gran tecnología Aeronáutica.

1.2 PROCESOS

En aviación uno de los temas más críticos es la seguridad aérea por encima de cualquier otro³, por esta razón la Aeronáutica Civil de Colombia en sus reglamentos aeronáuticos RAC, Parte IV⁴, estipula controles de mantenimiento por métodos de confiabilidad tanto en aviación regular como no regular, por tal razón es de suma importancia la implementación de una metodología de confiabilidad para implementarlo en la flota de MedicalFly S.A.S.

Los diferentes procesos de mantenimiento que se cumplen a la flota son de acuerdo al fabricante, dentro de los cuales están:

³ OACI. ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL. Situación de la seguridad operacional de la aviación mundial, URL: http://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_State-of-Global-Safety_web_SP.pdf, accedido el 14 de Julio de 2016.

⁴ UAEAC. UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONAUTICA CIVIL. Normas de Aeronavegabilidad y operación de aeronaves, RAC 4, Nume. 4.5..7.9. a), URL: <http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/Rrglamentacion/RAC/Biblioteca%20Indice%20General/RAC%20%204%20-%20Normas%20de%20Aeronavegabilidad%20y%20Operaci%C3%B3n%20de%20aeronaves.pdf>, accedido el 14 de Julio de 2016.

- Overhaul y Reemplazos Programados.
 - Inspecciones Programadas.
 - Inspecciones Especiales.
 - Inspección por Control de Corrosión.
 - Inspecciones no Programadas.
- PAÍS.

Aun teniendo este control estricto a las aeronaves, las fallas no dejan de presentarse, afectando parámetros de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de los aviones, y es por esto que las implementaciones de técnicas de confiabilidad son requeridas para el mejoramiento de dichos parámetros.

Uno de los objetivos de la compañía a partir del año 2017 con respecto a mantenimiento, es la reducción de costos involucrados en acciones correctivas a las aeronaves y también incrementar el índice de disponibilidad de la flota. El propósito de RCM es encontrar las técnicas más apropiadas, las cuales puedan contribuir en el cumplimiento de los objetivos.

1.3 MANTENIMIENTO DE LA FLOTA

La compañía cuenta con dos tipos de aeronaves, Bombardier Learjet 45 y BeachCraft C90, los cuales cada uno dispone de su programa de inspección y mantenimiento de acuerdo a las directrices de sus fabricantes. A continuación, se muestra los intervalos de mantenimiento programado.

Tabla 1. Mantenimiento Beechcraft C90

BEECHCRAFT C90	
SERVICIO	HORAS DE VUELO / PERIODICIDAD
Fase 1 - 200 horas	200 Horas de vuelo aeronave \pm 20 horas y cada 800 horas de operación de la Aeronave o 12 meses calendario desde la fase 4-800 horas
Fase 2 – 400 horas	400 Horas de vuelo aeronave \pm 20 horas y cada 800 horas de operación de la Aeronave o 12 meses calendario desde la fase 4-800 horas
Fase 3 – 600 horas	600 Horas de vuelo aeronave \pm 20 horas y cada 800 horas de operación de la Aeronave o 24 meses calendario desde la fase 4-800 horas
Fase 4 – 800 horas	800 Horas de vuelo aeronave \pm 20 horas y cada 800 horas de operación de la Aeronave o 24 meses calendario desde la fase 4-800 horas
Especial	200, 400 600, 800, 1000, 1200, 1800, 2000, 2400, 3600, 4000 y 12000 Horas Aeronave, 3, 6,12, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 120, 144 y 180 Meses Calendario. 1000, 5000, 8000, 10.000, 45.000 Ciclos Aeronave.
Corrosión	800 Horas aeronave \pm 20 y cada 800 Horas después en operación, o cada 24 meses calendario
Estructural	Fuselaje (interior) 6.000 Ciclos \pm 10% y cada 3.000 ciclos después, (exterior) 10.000 ciclos y cada 1.000 ciclos después. Planos cada 5 años y cada año, cada 15 años o 15.000 ciclos, Nacelas 10.000 hrs y cada 1000 hrs después
Fuente: Manual de Mantenimiento de la Aeronave del fabricante Beechcraft para el modelo C90, ATA 5.	

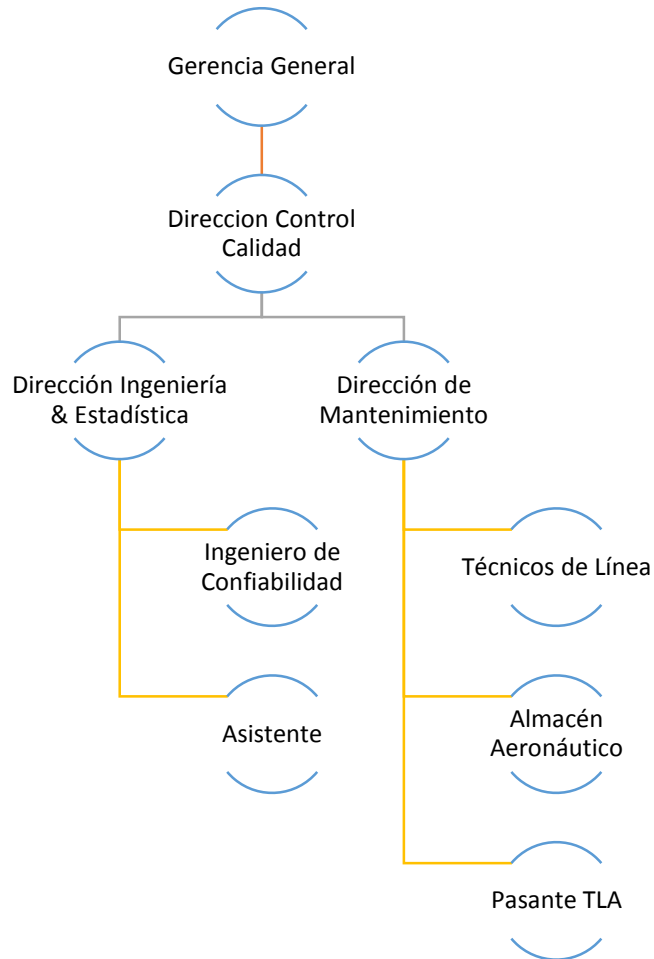
Tabla 2. Mantenimiento Learjet 45

MODEL 45 PHASE INSPECTION PROGRAM				
SAMPLE PHASE INSPECTION PROGRAM #1				
A, B, C, & D PHASES Performed at Standard Intervals				
HRS C/W	INSP - A PHASE #	INSP - B PHASE #	INSP - C PHASE #	INSP - D PHASE #
50				
100				
150				
200				
250				
300	A1, A2, A3, A4, A5, A6			
350				
400				
450				
500				
550				
600	A1, A2, A3, A4, A5, A6	B1, B2, B3, B4, B5, B6		
650				
700				
750				
800				
850				
900	A1, A2, A3, A4, A5, A6			
950				
1000				
1050				
1100				
1150				
1200	A1, A2, A3, A4, A5, A6	B1, B2, B3, B4, B5, B6	C1, C2, C3, C4, C5, C6	
1250				
1300				
1350				
1400				
1450				
1500	A1, A2, A3, A4, A5, A6			
1550				
1600				
1650				
1700				
1750				
1800	A1, A2, A3, A4, A5, A6	B1, B2, B3, B4, B5, B6		
1850				
1900				
1950				
2000				
2050				
2100	A1, A2, A3, A4, A5, A6			
2150				
2200				
2250				
2300				
2350				
2400	A1, A2, A3, A4, A5, A6	B1, B2, B3, B4, B5, B6	C1, C2, C3, C4, C5, C6	D1, D2, D3, D4, D5, D6

Fuente: Manual de Mantenimiento de la Aeronave del fabricante Bombardier para el modelo Learjet 45, ATA 5.

1.4 ORGANIGRAMA DE MANTENIMIENTO

Figura 1. Organigrama Mantenimiento MedicalFly



Fuente: Manual General de Mantenimiento, MedicalFly

1.4.1 Departamento Control Calidad.

La Dirección de Control de Calidad es la representante ante la Aeronáutica Civil de Colombia y es responsable por la aeronavegabilidad de la flota y por el cumplimiento de los procedimientos descritos en el Manual General de Mantenimiento (MGM), manuales de los fabricantes y documentos emitidos por la autoridad aeronáutica. El rol que desempeña dentro del grupo de mantenimiento, está en otorgar la certificación de aeronavegabilidad para cada avión, verificación de que las

estaciones reparadoras TAR/TARE cumplan con los procedimientos de los programas de inspección y mantenimiento aprobados a Medicalfly, controlar los servicios de mantenimiento, reportes generados, verificación y control de materiales utilizados en el mantenimiento, verificación de partes aeronáuticas, entre otras.

1.4.2 Departamento de Mantenimiento

La Dirección de Mantenimiento es responsable de la gestión de mantenimiento de la flota, en la coordinación y ejecución del mantenimiento preventivo, correctivos, y almacén aeronáutico. Teniendo como prioridad mantener la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de cada aeronave (Segura para el vuelo y aeronavegable).

1.4.3 Departamento de Ingeniería y Estadística

La Dirección de Ingeniería y Estadística tiene como principales funciones la elaboración de los programas de inspección y mantenimiento de cada aeronave, generación de órdenes de trabajo, control estadístico de las aeronaves por horas, ciclos y tiempo calendario, analizar y verificar la aplicabilidad de información emitida por los fabricantes.

1.4.4 SMS

El Sistema de Gestión de Seguridad Aérea (SMS) es una de las áreas más proactivas en el ámbito aeronáutico, puesto que su objetivo principal es la gestión de la seguridad en la operación. El SMS fomenta la Filosofía Operacional, Responsabilidades, Programas, Procesos y Procedimientos de SMS.

SMS está compuesto de cuatro componentes principales:

- Política de Seguridad

- Gestión de Riesgos de Seguridad
- Aseguramiento de la Seguridad
- Promoción de la Seguridad

Dentro de las obligaciones de SMS es intervenir en las diferentes áreas de una organización con el propósito de cumplir sus cuatro pilares⁵, mencionados con anterioridad, y es por esta razón que una metodología de RCM contribuiría de forma significativa al SMS con respecto a temas relacionados con el mantenimiento aeronáutico por su similitud en ciertas características como lo son los análisis de causa raíz y prevención de fallas de equipos.

⁵ UAEAC. UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONAUTICA CIVIL. Curso de Sistemas de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS), URL: [http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/PSOESSPSMS/Documents/OACI%20SMS%20M03%20E2%80%93%20Gesti%C3%B3n%20\(R13-A\).pdf](http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/PSOESSPSMS/Documents/OACI%20SMS%20M03%20E2%80%93%20Gesti%C3%B3n%20(R13-A).pdf), accedido el 14 de Julio de 2016.

2. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

2.1 HISTORIA DE RCM

El RCM se remonta a principios de los años sesenta; primeramente fue iniciado por la industria de la aviación civil norteamericana; el primer esfuerzo serio lo promulga la ATA (*Air Transport Association*) en Washington (USA) en 1968, conocido como informe MSG1; posteriormente actúa el departamento de defensa de USA y, por comisión, F Stanley Nowlan Howard Heap escriben por primera vez su trabajo bajo el nombre de Reability Centerded Maintenance en 1978 (publicación de United Airlines por el ministerio de defensa de los Estados Unidos), que procura optimizar los factores humanos y productivos alrededor del mantenimiento. El estudio MSG2, primero, y el MSG3, promulgado en 1980, ha permitido la divulgación de la metodología. El RCM se puede definir como un proceso usado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que cualquier recurso físico continúe realizando lo que sus usuarios desean que realice en su producción normal actual⁶.

2.2 OBJETIVOS DEL RCM

- Minimizar las averías de las aeronaves y paradas no programadas.
- Suministrar fuentes de información de la capacidad de la flota a través del estado de sus aeronaves y componentes.
- Minimizar los costos de la mano de obra de reparaciones, en base a un compromiso de los responsables del mantenimiento en la eliminación de fallas de los equipos.
- Anticipar y planificar con precisión las actividades de mantenimiento.

⁶ MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, RCM-Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición 2016. Medellín: COLDI LTDA, 2016. p 301.

- Establecer horarios de mantenimiento más razonables para el personal de mantenimiento.
- Permitir a los departamentos de operación y de mantenimiento una acción conjunta y sincronizada a la hora de programar y mantener la disponibilidad de la aeronave.
- Incrementar los beneficios de explotación directamente mediante la reducción de los presupuestos del departamento de mantenimiento.

El *RCM* tiene numerosas ventajas en cuanto al aumento de la disponibilidad y confiabilidad de la aeronave; a continuación se mencionan las más importantes⁷:

- ✓ Crea un espíritu altamente crítico en todo el personal (operaciones, mantenimiento y gerencial) frente a condiciones de fallas y averías.
- ✓ Logra importantes reducciones en el costo del mantenimiento.
- ✓ Optimiza la confiabilidad operacional, maximiza la disponibilidad y/o mejora la mantenibilidad de las plantas y sus activos.
- ✓ Integra las tareas del mantenimiento en su contexto operacional.
- ✓ Fomenta el trabajo en grupo (convirtiéndose en algo rutinario).
- ✓ Incrementa la seguridad operacional y la protección ambiental.
- ✓ Optimiza la aplicación de las actividades de mantenimiento tomando en cuenta la criticidad e importancia de los activos dentro del contexto operacional.
- ✓ Establece un sistema eficiente de mantenimiento preventivo.
- ✓ Aumenta el conocimiento del personal tanto de operaciones como de mantenimiento con respecto a los procesos operacionales y sus efectos sobre la integridad de las aeronaves.

⁷ MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, RCM-Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición 2016. Medellín: COLDI LTDA, 2016. p 302.

- ✓ Involucra a todo el personal que tiene que ver con el mantenimiento en la organización (desde la alta gerencia hasta los técnicos de línea)
- ✓ Facilita el proceso de normalización a través del establecimiento de procedimientos de trabajo y de registro.

2.3 RCM Y AVIACIÓN

¿Por qué es importante la Aplicabilidad de un programa de Confiabilidad?

Los programas de inspección y mantenimiento de las aeronaves se realizan de acuerdo a las directrices del fabricante, en aspectos de mantenimiento programado y no programado, inspección por condición, especiales, hard time, inspección por corrosión, overhaul y acciones correctivas, pero dichos programas no siempre resultan ser tan efectivo como lo esperan sus fabricantes, ya que cada operador tiene una operación diferente, y el ambiente donde se desempeña varía, sometiendo las estructuras, componentes y plantas motrices a excesivos desgastes⁸.

Por tal razón es tan importante diseñar una metodología de confiabilidad con las herramientas más adecuadas, dependiendo de la operación. Y a través de una correcta aplicación y evaluación de la metodología definida, el operador pueda evaluar la efectividad de sus programas de inspección y mantenimiento, proponiendo cambios oportunos en este ante la aeronáutica civil y de esta forma mejorando aspectos de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de la flota.

2.3.1 Normatividad RCM

Las normas y circulares aplicadas al diseño de la metodología de confiabilidad son las siguientes.

⁸ IVA-A.MONITOREO DEL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD . Aplicabilidad de un Programa de Confiabilidad, URL: <http://cursobasicoiva-a.weebly.com/92-monitoreo-del-programa-de-confiabilidad.html>. accedido el 14 de Julio de 2016.

Tabla 3. Normatividad RCM

Referencia	Nombre	Items
CI-5103-082-17 (06-2010)	Programas de Confiabilidad (Aeronáutica Civil de Colombia)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Describe las partes que debe contener un programa de confiabilidad tanto para una empresa regular como no regular. ✓ Describe las partes del RAC que deben ser cumplidas. ✓ Incluye procedimientos, recomendaciones y criterios para un proceso de condición.
120-MRPWG (08-2013)	Advisory Circular (Federal Aviation Administration)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Describe la información general de la importancia de la confiabilidad en la aviación. ✓ Describe la creación y revisión de un programa de confiabilidad. ✓ Identifica un sistema de colección de información. ✓ Identifica un sistema de alertas y estándares. ✓ Describe procesos de análisis. ✓ Muestra una forma detallada de un sistema de reportes.
Component Reliability	Presented by: Bill Kulungian	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Describe un sistema de análisis de datos, teniendo factores en cuenta tales como MTBR, MTBUR, URR, MTBF.
SAE JA 1011	SURFACE VEHICLE / AEROSPACE STANDARD	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Este documento describe los criterios mínimos que cualquier proceso debería cumplir para que este pueda ser llamado RCM. ✓ No intenta definir procesos específicos del RCM.
SAE JA 1012	SURFACE VEHICLE / AEROSPACE RECOMMENDED PRACTICE	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Esta es una guía para fortalecer conceptos de confiabilidad. ✓ Enriquece a SAE JA 1011 en el diseño de una metodología de confiabilidad.

2.4 TÉCNICAS DE CONFIABILIDAD

Con la metodología de confiabilidad se resolverían las siguientes preguntas⁹, las cuales son más recurrentes en la operación de las aeronaves.

1. ¿Cuáles son las funciones y los modelos ideales de rendimiento de la aeronave en su campo de operación?
2. ¿En qué formas no puede cumplir sus funciones (Fallas Funcionales)?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué ocurre si se presenta una falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla (Actividades proactivas e intervalos de acciones de mantenimiento)?
7. ¿Qué debe hacerse si una tarea proactiva adecuada no puede ser encontrada (Acciones por Defecto)?

Uno de los factores primordiales en esta parte, es obtener las respuestas más confiables a cada pregunta, puesto que esto será el resultado de una metodología de confiabilidad óptima¹⁰. Dentro de los métodos para conseguir las respuestas son los siguientes:

- Definición de estándares de funcionamiento (Límites Operativos).
- Definición de estándares cualitativos.
- Definición de Contexto Operacional.
- Definir las Diferencias entre Funciones.
- Definir la claridad cuando un sistema o sub-sistema entra en falla.
- Método de registrar cada una de las fallas presentadas.

⁹ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, RCM: Las siete preguntas básicas. Edición 2004. Asheville: Aladon LLC, 2004. p 7.

¹⁰ MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo, RCM-Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición 2016. Medellín: COLDI LTDA, 2016. p 303.

- Metodología para establecer estándares. (Extensión o reducción de frecuencias de inspecciones)
- Como deben ser registradas las fallas funcionales.
- Análisis de modos de fallas y sus efectos (FMEA).
- Análisis de causa raíz (RCA).
- Tareas preventivas.
- Tareas predictivas.
- Tareas a condición.
- Búsqueda de Fallas.
- Otras acciones “a falta de”

2.5 FILOSOFÍA DEL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD

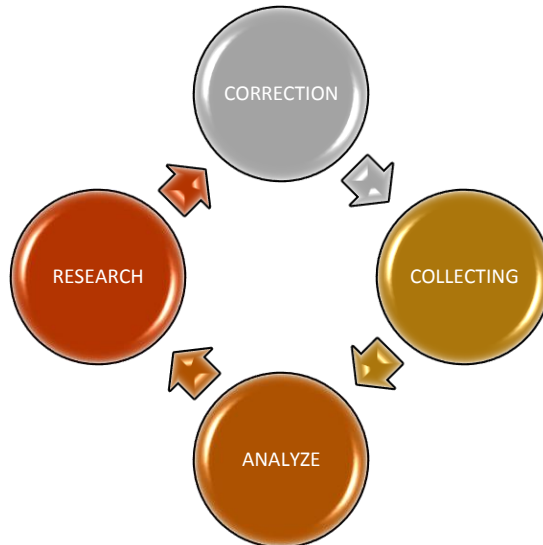
La filosofía del programa de confiabilidad, es desarrollada por un grupo multidisciplinario en las operaciones de Medicalfly, que son encargados de identificar las necesidades de mejora en los programas de inspección y mantenimiento de la flota en un contexto operacional definido, estableciendo las tareas más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de un sistema o sub sistema de la aeronave con la respectiva aprobación del fabricante y la autoridad aeronáutica¹¹.

- El programa reconoce que los niveles inherentes de confiabilidad son determinados por el medio ambiente, tipo de operación y la calidad del mantenimiento.
- El programa está diseñado para proveer medios para la identificación de deficiencias en los procesos de mantenimiento y al mismo tiempo corregir estas. La metodología de confiabilidad se describe en un circuito cerrado como se muestra en la figura 2.

¹¹ IVA-A.MONITOREO DEL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD . Aplicabilidad de un Programa de Confiabilidad, URL: <http://cursobasicoiva-a.weebly.com/92-monitoreo-del-programa-de-confiabilidad.html>. accedido el 14 de Julio de 2016.

- El propósito del programa de confiabilidad es incidir de manera positiva en factores como mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad.

Figura 2. Circulo de Confiabilidad



Fuente: IVA-A.MONITOREO DEL PROGRAMA DE CONFIABILIDAD . Aplicabilidad de un Programa de Confiabilidad, URL: <http://cursosbasicoiva-a.weebly.com/92-monitoreo-del-programa-de-confiabilidad.html>.

- ❖ Recolección de la información apropiada a los parámetros o datos que son monitoreados.
- ❖ Análisis de la información para identificar cualquier dato no aceptable.
- ❖ Investigación de los desempeños inaceptables para determinar las causas.
- ❖ Desarrollar e implementar programas de acciones correctivas para rectificar los desempeños inaceptables.

2.6 CONCEPTO OPERACIONAL DEL PROGRAMA

Cuando la aeronave se encuentre en operación y/o mantenimiento, el personal técnico como de operaciones registraran información cualitativa y cuantitativa con respecto al desempeño y/o estado de los sistemas, componentes, motores y hélices.

Dicha información es recolectada, categorizada y analizada para luego por medio de la metodología de confiabilidad realizar la gestión pertinente. Los datos significativos son mostrados en gráficas y tablas, dependiendo del factor analizado, con el propósito de comparar los desempeños o estados actuales con los anteriores, identificar tendencias adversas y determinar qué tan efectivo son los procesos de inspección y mantenimiento. Los reportes son emitidos **mensualmente** para cada flota operada. Los reportes son clasificados de acuerdo a su criticidad y por ATAS (Sistemas) y Sub-Atas (Sub-Sistemas).

2.6.1 Aplicabilidad de la metodología RCM

El programa de confiabilidad de MedicalFly, una vez sea aprobado su revisión original o consecuentes por la Aeronáutica Civil de Colombia, será socializado a las siguientes áreas de acuerdo al Programa de Entrenamiento de Mantenimiento de MedicalFly.

- ✓ Dirección de Ingeniería y Estadística.
- ✓ Dirección Control Calidad.
- ✓ Dirección de Mantenimiento.
- ✓ Dirección SMS.
- ✓ Dirección de Operaciones.
- ✓ Personal Técnico.
- ✓ Pasantes Técnicos.
- ✓ Almacenista.
- ✓ Ingeniero de Confiabilidad.

Uno de los principales factores en el éxito del programa de confiabilidad, son las personas que participan en este proceso, puesto que debe crearse una cultura orientada al mejoramiento continuo. Cada integrante de cada área debe entender lo importante que es su trabajo y como la calidad de este puede influir en alcanzar los

objetivos de confiabilidad¹². Cabe notar que RCM al igual que SMS es un trabajo grupal y de constante motivación y control.

El programa está orientado al monitoreo de la confiabilidad de los siguientes sistemas principales:

- SISTEMAS / COMPONENTES (Remociones No Programadas).
- MOTOR / COMPONENTES (Inspección Overhaul)
- HELICES (Remociones No Programadas)
- AERONAVE (Inspecciones)

El programa de confiabilidad será aplicado a las siguientes aeronaves:

HK-5002. RAYTHEON BEECHCRAFT, MODELO C90A, S/N LJ-1457

HK-4846. HAWKER BEECHCRAFT, MODELO C90GTi, S/N LJ-1898

HK-5107. BOMBARDIER LEARJET, MODELO 45, S/N 45-200

Tabla 4. Identificación Motores - Hélices

MOTORES

AVIÓN	MARCA	MODELO	NUMERO DE SERIE
HK 5002	PRATT & WHITNEY	PT6A - 135A	PCE-PZ0879 y PCE-PZ0878
HK 4846	PRATT & WHITNEY	PT6A - 135A	PCE-PZ0879 y PCE-PZ0878
HK 5107	HONEYWELL	TFE731	P116401C y P116399C

HELICES

AVIÓN	MARCA	MODELO	NUMERO DE SERIE
HK 5002	MAcCAULEY	4HFR34C768	961419 y 961418
HK 4846	HARTZELL	HC-E4N-3N	HH-3374 y HH-3378

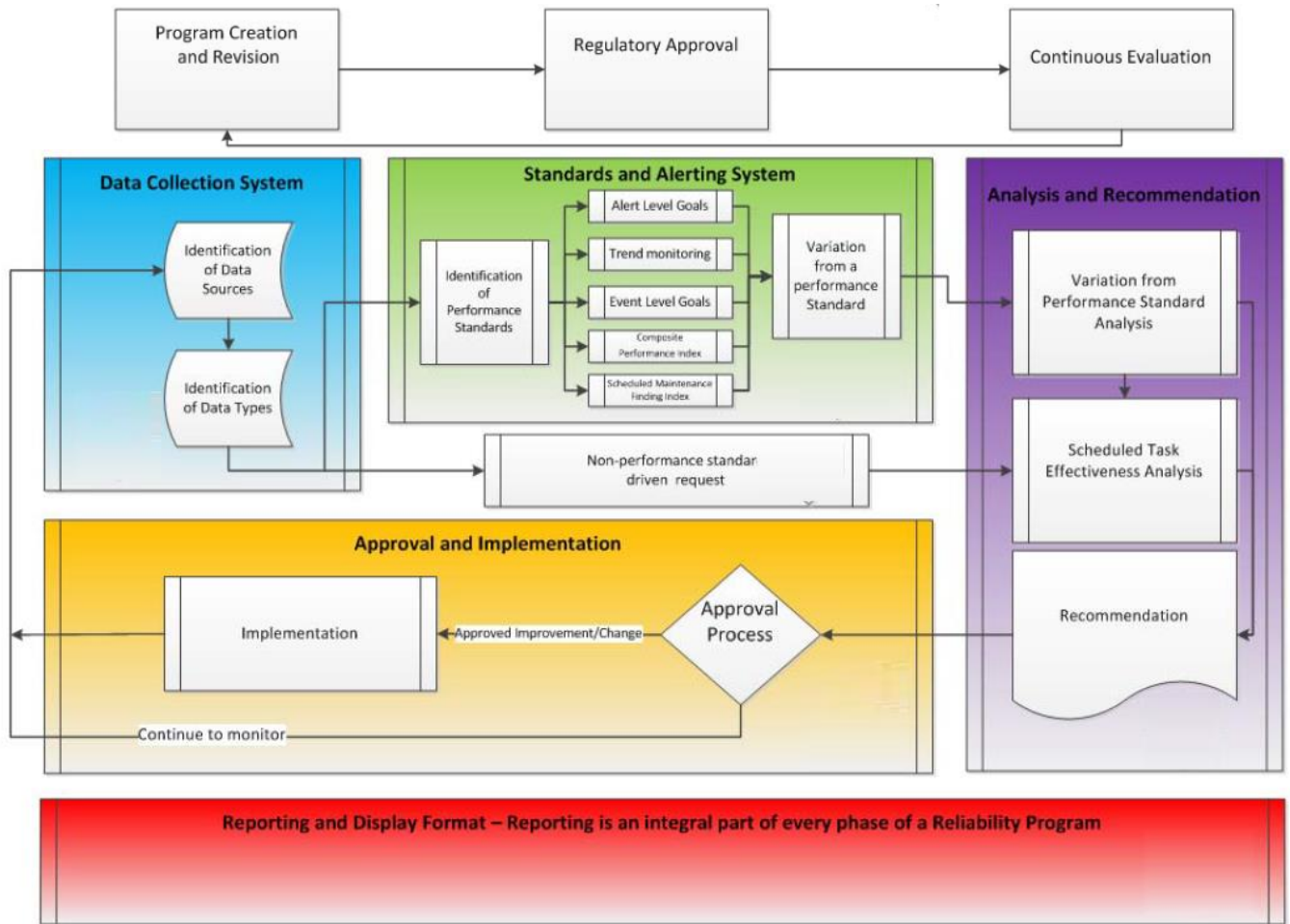
Fuente: Manual General de Mantenimiento

2.6.2 Proceso de control de confiabilidad

El proceso que se opta para la metodología de confiabilidad de la empresa MedicalFly, se resume en el siguiente diagrama.

¹² MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, RCM: Las siete preguntas básicas. Edición 2004. Asheville: Aladon LLC, 2004. p 216.

Figura 3. Diagrama RCM



Fuente: FAA. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Reliability Program Methods and Standards for Determining Maintenance Schedule Revisions, US, Department of Transportation, 201. URL: file:///C:/Users/David/Downloads/FAA%20%20-%20RCM.pdf. accedido el 14 de Julio de 2016, p 46.

En el diagrama de la figura 3, básicamente contiene los pilares fundamentales que debe tener una metodología de confiabilidad, y en la cual cuenta con lo requerido en la normatividad mencionada en la tabla 3. Adaptándose al tipo de flota que opera la compañía. A continuación, se da una breve descripción de las partes de la metodología de confiabilidad.

A. SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El sistema de recolección de datos es uno de los factores más sensibles en confiabilidad, puesto que es la base fundamental para los diferentes análisis y toma de decisiones, por lo tanto se debe validar y tener exactitud con respecto a la información suministrada¹³.

Para llegar a obtener la confianza en cuanto a la información que se utilizara en RCM, MedicalFly cuenta con su Manual General de Mantenimiento (MGM), donde tiene las siguientes características:

- ✓ Adopta comprensivos procesos de mantenimiento.
- ✓ Tiene formularios diseñados para lograr los requisitos del mantenimiento de la flota.
- ✓ Provee procedimientos para la retroalimentación de información de mantenimiento.
- ✓ Asocia la información de aeronave y motor como sea aplicable al sistema ATA (Air Transport Association).

Las fuentes de información se tomarán básicamente de las siguientes cuatro categorías, las cuales se trataran...en el capítulo 3...

- Sistemas
- Componentes
- Motores

B. SISTEMA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Con la información recolectada por parte de Ingeniería, Mantenimiento y operaciones, el grupo de confiabilidad analizara los siguientes factores:

- Fallas Funcionales.

¹³ FAA. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Reliability Program Methods and Standards for Determining Maintenance Schedule Revisions, US, Department of Transportation, 201. URL: file:///C:/Users/David/Downloads/FAA%20%20-%20RCM.pdf. accedido el 14 de Julio de 2016, p 52.

- Modos de Falla.
- Efectos de Falla.
- Consecuencias de Falla.
- Clasificación de Fallas.
- Tendencias.
- Estándares de Operación.
- Rendimientos.

Dependiendo del caso, las metodologías RCM a implementar son:

- FMEA (Análisis de Modos y Efectos de Falla).
- RCA (Análisis Causa Raíz).
- AC (Análisis de Criticidad)
- Análisis de Pareto.
- Análisis estadístico tendencial.

C. PROCESO DE ACCIONES CORRECTIVAS Y PROACTIVAS

Las acciones correctivas que se determinen deberán cumplir las siguientes características:

- ✓ Deberán ser un reflejo del análisis por la metodología de confiabilidad.
- ✓ Ser suficientemente positivo para restaurar efectivamente el rendimiento a un nivel aceptable dentro de un tiempo aceptable.
- ✓ La metodología deberá incluir un procedimiento por el cual, la acción que deberá ser ejecutada sea notificada a las áreas involucradas (Comité de Confiabilidad).
- ✓ La metodología deberá disponer de un sistema de monitoreo a los resultados obtenidos de la acción correctiva, con el objetivo de verificar que se haya logrado alcanzar el rendimiento esperado en los tiempos establecidos.

- ✓ Las acciones tomadas serán realizadas de acuerdo a los procedimientos establecidos en el programa de inspección y mantenimiento de la aeronave, orden de ingeniería y/o procedimientos del fabricante, siempre bajo la orden de trabajo de la aeronave.

D. AJUSTE DE INTERVALOS DE TIEMPO Y PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

Dentro de las ventajas de la metodología de confiabilidad es proporcionar al operador medios formales de ajuste en las tareas de inspección y mantenimiento con la previa autorización de la Aeronautica Civil de Colombia. Esto no exime al operador de su responsabilidad para los efectos de un programa seguro de mantenimiento.

Todas las acciones de mantenimiento que se deseen ejecutar de acuerdo a los resultados del programa de confiabilidad, deberán ser incluidas dentro del programa de inspección y mantenimiento de la aeronave, para luego proceder en la aprobación de la revisión del programa de mantenimiento con los cambios propuestos, ante la Aeronáutica Civil¹⁴.

Los ajustes de intervalos de mantenimiento no deberán interferir con una acción correctiva en curso.

Para ajustes en Hard Time y On Condition se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- Muestreo
- Estudios
- Rendimiento de Unidad
- Conclusiones del Inspector o Taller
- Reportes Piloto

¹⁴ UAEAC. UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL. Programas de Confiabilidad, Bogotá, Colombia, CI-5103-082-17. URL: <http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/Rglamentacion/Cirdulares/CircularesInformativas/CI-5103-082-017.pdf>. accedido el 14 de Julio de 2016, p 19.

E. PROCESO DE REVISIÓN DEL PROGRAMA

Los cambios que se deseen proponer al programa de confiabilidad, deberán ser un acuerdo mutuo entre los integrantes del Comité de Confiabilidad y con un soporte técnicamente sólido.

Los cambios que se deseen para el programa de confiabilidad deberán ser aprobados por la Aeronáutica Civil, e incluyen lo relacionado con:

- Procedimientos que se relacionen con la medición y/o rendimiento de estándares de desempeño.
- Métodos de análisis de datos y aplicación al programa total de mantenimiento.
- Cambios de procesos para programas que utilizan estándares de análisis del tipo no alerta, cambio de sistemas o componentes a partir de un proceso de mantenimiento primario a otro.
- Adicionar o eliminar sistemas / componentes.
- Adicionar o eliminar modelos de aeronaves.
- Todos los cambios organizacionales o de procedimientos concernientes a la administración del programa y sistema de recolección de datos.
- Disposiciones establecidas por el Comité de Confiabilidad.

3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describirá la estructura organizacional con respecto a la metodología de confiabilidad, especificando la organización del comité de confiabilidad, deberes y responsabilidades de cada integrante, documentos de fuentes de información y formación por competencias.

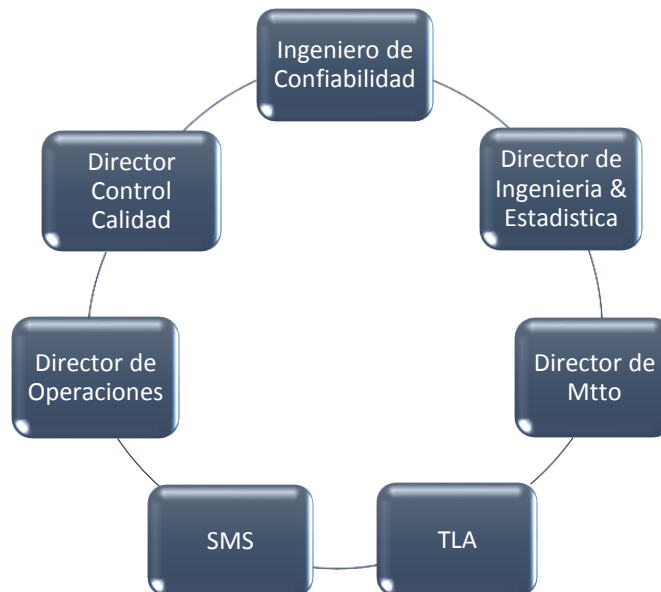
Como se había nombrado anteriormente, hay siete preguntas básicas para la aplicación de una metodología de confiabilidad, las cuales hacen referencia tanto a la operación como al mantenimiento de la aeronave, por tal razón es muy importante que dentro del Comité de Confiabilidad este conformado por áreas que estén directamente relacionadas con la aeronave, como lo son la parte técnica, operaciones, mantenimiento e ingeniería, asegurando respuestas solidas con respecto a funcionamientos, efectos de falla, funcionamiento deseado y consecuencias de falla.

La veteranía de los miembros del comité es menos importante que el hecho de tener un conocimiento profundo del sistema o sub-sistema en análisis¹⁵. Otro factor importante en los miembros, es que cada uno de ellos deberá tener conocimientos básicos de RCM (Manual de Entrenamiento – Mantenimiento...Capitulo 1, numeral 1.12... (Capacitación RCM)., con el objetivo de lograr un análisis más eficiente.

¹⁵ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, RCM: Las siete preguntas básicas. Edición 2004.Asheville: Aladon LLC, 2004. p 272.

3.2. ORGANIGRAMA DEL COMITÉ DE CONFIABILIDAD

Figura 4. Comité de Confiabilidad



El arreglo del comité de confiabilidad no solo le permitirá a la gerencia un acceso sistemático al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que los miembros del grupo incrementan marcadamente su entendimiento del sistema o sub-sistema en su contexto operacional¹⁶.

3.3. RESPONSABILIDADES DEL INGENIERO DE CONFIABILIDAD.

El Comité de Confiabilidad trabaja bajo la guía del especialista en confiabilidad, es el miembro más importante del proceso y su rol es asegurar que¹⁷:

¹⁶ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, RCM: Las siete preguntas basicas. Edición 2004. Asheville: Aladon LLC, 2004. p 273.

¹⁷ p 275

- El análisis RCM se lleve a cabo en el nivel correcto, que los límites del sistema sean claramente definidos, que ningún ítem importante sea pasado por alto, y que los resultados del análisis sean debidamente registrados.
- RCM sea claramente comprendido y correctamente aplicado por parte de los miembros del grupo.
- El comité llegue al consenso en forma rápida y ordenada, manejando el entusiasmo individual de los miembros.
- El análisis progrese razonablemente en forma rápida y termine a tiempo.
- Se cumpla todos los requerimientos de confiabilidad, referenciados en el Manual General de Mantenimiento de la compañía.
- El programa de confiabilidad mantenga actualizado con respecto a las normas de la autoridad aeronáutica y otras que sean aplicables al RCM.

El Ingeniero de Confiabilidad como ya se había mencionado anteriormente, juega un rol importante dentro del comité RCM y debe contar con habilidades especiales, las cuales pueden ordenarse dentro de 5 categorías:

Tabla 5. Habilidades del Ingeniero de Confiabilidad

Aplicar la Lógica RCM	El Ing. RCM debe asegurar que el grupo de revisión aplica correctamente el proceso RCM. Esto implica que todas las preguntas que componen el proceso RCM son efectuadas correctamente, en la secuencia correcta, que sean comprendidas correctamente por todos los miembros del grupo y que el grupo logre consenso acerca de las respuestas.				
Dirigir el Análisis	Preparar las reuniones	Seleccionar los niveles/ definir límites	Tratar apropiadamente los modos de falla complejos	Saber cuándo dejar de listar modos de falla	Interpretar y registrar las decisiones con un mínimo lenguaje técnico
	Completar los documentos relacionados a la reunión	Preparar un archivo de auditoría	Ingresar los datos de RCM a una base de datos computarizada	Reconocer cuando el grupo no sabe	Evitar los intentos de rediseño
Conducir las Reuniones	Preparar la escena	La conducta del Ing. RCM	Efectuar en orden las preguntas RCM	Asegurar que cada pregunta se comprenda correctamente	Alentar a que cada miembro participe

	Motivar al grupo	Manejar las interrupciones apropiadamente	Orientar al grupo o a los miembros individualmente	Responder las preguntas	Asegurar el consenso
Administrar el Tiempo	Ritmo de trabajo	Cantidad de reuniones efectuadas	Fecha real de finalización contra la fecha objetivo	Tiempo empleado para preparar la auditoría	Tiempo fuera de las reuniones
Tabla 5. (Continuación)					
Administrar la Logística e Interacción con los Niveles Superiores	Preparar el proyecto RCM como un todo	Planear el proyecto	Comunicar los planes	El lugar de la reunión	Comunicar los hallazgos urgente
	Presentación a la gerencia superior	Implementación	Un programa viviente	Comunicar los progresos	Asegurar que se auditen la documentación relacionada con el RCM
Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, RCM: Las siete preguntas básicas. Edición 2004. Asheville: Aladon LLC, 2004. p 274 a 280..					

3.4. COMITÉ DE CONFIABILIDAD

El Comité de Confiabilidad vigila la operación del programa de Confiabilidad. El Comité está llamado a auditar y mejorar los estándares de desempeño, a probar cambios en el Programa de Mantenimiento, y discutir acciones correctivas. El Comité está compuesto por siete miembros permanentes.

Adicionalmente pueden asistir miembros invitados como consultores (sin voto) a participar en las deliberaciones y compartir su experiencia. (Ejemplo: La Gerencia Comercial o Administrativa y el Dir. De HSE, QMS)

La asistencia de cinco de los siete miembros permanentes es requerida para realizar el Comité de Confiabilidad, si un miembro no puede asistir al Comité puede delegar a otra persona (Ver Tabla 5) de su área para que asista. La única condición para la realización efectiva del comité es contar como mínimo con la presencia del Gerente Operaciones y/o el Dir. Control Calidad o sus delgados.

La delegación de asistencia al comité está definida de la siguiente manera:

Tabla 6. Delegación asistencia Comité confiabilidad

POSICIÓN	SUPLENTE ASIGNADO
Dir. Control Calidad	Dir. Operaciones / Dir. Mantenimiento
Dir. Mantenimiento	AIT
Dir. Operaciones	Dir. Control Calidad
Tabla 6. (Continuación)	
TLA	Dir. Mantenimiento
Dir. Ingeniería & Estadística	Ingeniero de Confiabilidad
Ingeniero de Confiabilidad	Dir. Ingeniería & Estadística
CONSULTORES	
Dir. QMS	Dir. HSE
Dir. HSE	ASISTENTE QMS

3.5. FUNCIONES DEL COMITÉ DE CONFIABILIDAD

El conocimiento y la motivación de cada uno de los integrantes es fundamental para lograr los objetivos del RCM, los cuales están dirigidos a incrementar la seguridad e integridad ambiental, mejorar el funcionamiento operacional de la aeronave, mejorar costo-eficacia del mantenimiento, incrementar la vida útil de los componentes de alto costo, establecer una base de datos global, mejorar la motivación del personal y mejorar el trabajo en grupo

3.5.1. Reuniones Mensuales

- ❖ Cada miembro del comité de confiabilidad deberá tener conocimientos básicos de la metodología RCM y cumplir con lo requerido en el Manual de Entrenamiento – Mantenimiento...Capitulo 1, numeral 1.12... (Capacitación RCM).

- ❖ Determinar mejoras al programa de inspección y mantenimiento con respecto al sistema o sub-sistema que no está cumpliendo el funcionamiento para el que fue diseñado.
- ❖ Analizar el contexto en el cual está operando el activo que el Ingeniero de Confiabilidad propone, debido a que este presenta anomalías en su rendimiento. Este análisis se realizara bajo la conducción del Ingeniero de Confiabilidad, implementando las metodologías más adecuadas de RCM... (Capitulo 6)... las cuales tienen como objetivo llevar el activo a rendimientos óptimos.
- ❖ Cada miembro del comité deberá aportar la mayor cantidad de información relevante acerca del activo que se esté analizando, tales como modos de falla, consecuencias de falla, ocurrencia de falla, mantenimiento, operación, entre otra, la cual sea pertinente con la metodología que se esté implementando.
- ❖ Analizar los reportes de piloto pendientes (Carry Over) para que se tomen las acciones correctivas dentro de los tiempos establecidos por el MEL.
- ❖ Verificar mensualmente el cumplimiento y/o avance de cada una de las tareas de comités anteriores. Igualmente, asignar las nuevas tareas determinadas por el comité. El registro de estas tareas estará consignado en el acta del comité mensual de confiabilidad.
- ❖ Evaluar y tomar decisiones con respecto al activo que se está analizando con el objetivo de mejorar CDM de la(s) aeronave(s).
- ❖ Determinar, programar y monitorear cada una de las tareas que salieron del análisis RCM del activo que se analizó.

3.5.2. Reuniones Trimestrales

- ❖ Evaluar los indicadores de gestión RCM.
- ❖ Evaluar reportes por flota y aeronave por ATAS y SUB-ATAS, identificando comportamientos de eficiencia a lo largo del periodo establecido.

- ❖ Evaluar la efectividad de las tareas que se han tomado frente a las situaciones que se han gestionado durante el trimestre.
- ❖ Evaluar temas relevantes de SMS y HSEQ que puedan aportar a la metodología RCM adoptada por la organización.

¿Qué gana cada miembro del comité RCM?

Existen tres principales ventajas en este tipo de reuniones para cada miembro del comité¹⁸, las cuales son:

- ✓ Aprender más sobre el activo, más del proceso del que forma parte y más sobre lo que debe hacerse para mantenerlo trabajando. Así que de esta forma la compañía obtendrá más especialistas con respecto a ese elemento en particular en estudio.
- ✓ Aprender más sobre los objetivos y metas de sus colegas, particularmente el área de mantenimiento y operaciones difieren en ciertos temas que podrían afectar la aeronavegabilidad de la flota, por lo tanto en este tipo reuniones mantenimiento aprenderá más sobre lo que operaciones desea lograr, y por otro lado, operaciones aprenderá más acerca de los procesos de mantenimiento y de esta forma fortalecer decisiones unánimes entre ambas áreas, que son las que principalmente inciden en las aeronaves.
- ✓ Aprender más sobre las fortalezas y debilidades individuales de cada miembro del comité. Como saldo, se tiende a conocer más sobre las fortalezas que sobre las debilidades, lo que tiene un efecto más saludable sobre el respeto mutuo recíproco.

¹⁸ MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, RCM: Las siete preguntas básicas. Edición 2004. Asheville: Aladon LLC, 2004. p 272.

3.6. DOCUMENTOS DE INFORMACIÓN RCM

Tabla 7. Documentos RCM

Información Recolectada	Nombre Formato	Código Formato	Área Responsable	Área de Disposición Final
Reportes Mantenimiento	Reporte Discrepancias de Mantenimiento	FO-DCC-018	Mantenimiento	PIT - Estadística
Reportes Operaciones	Hoja de Libro de Vuelo	FO-DCC-008	Operaciones	
Informe de Talleres - Operaciones- Mantenimiento- SMS	N/A	FO-DCC-020	Operaciones Mantenimiento SMS	Ingeniería
Datos de Información de Vuelo	Hoja de Libro de Vuelo	FO-DCC-006	Operaciones	PIT - Estadística
Acta de Confiabilidad	Acta de Confiabilidad	FO-DCC-028	Ingeniería	Biblioteca Técnica
Fuente: Manual General de Mantenimiento Medicalfly				

3.7. PROCEDIMIENTO PARA REUNIÓN DE CONFIABILIDAD

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> Enviar[Enviar correo electrónico] Enviar --> Preparar[Preparar los lineamientos de la reunión] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Enviar correo electrónico a todas las personas que conforman el comité de confiabilidad, indicando la fecha, hora y día de la reunión. <p>NOTA: Las reuniones se realizaran cada mes y en caso de presentarse algún tema crítico que requiera la necesidad de la reunión se realizara dentro de los dos días siguientes presentada la eventualidad.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Definir los límites del sistema que se llevaran al análisis. Definir objetivos de la reunión. Preparar la información con respecto a los reportes presentados durante el mes por Atas y Sub Atas. Resultados de monitoreo (Trend Monitoring). 	<p style="text-align: center;">Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p> <p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p> <p>Acta de Confiabilidad FO-DCC-028</p> <p>Análisis de Modo y Efecto de Falla Raíz FO-DCC-030</p>

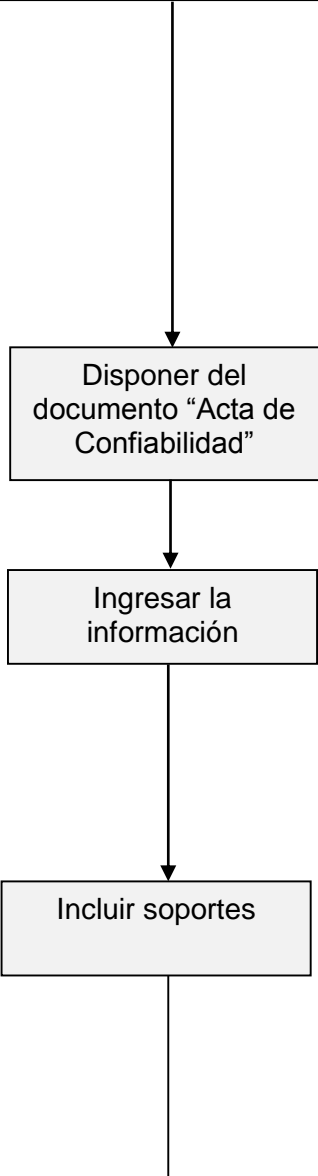
DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTO DE REFERENCIA
 <pre> graph TD A[Disponer del documento "Acta de Confiabilidad"] --> B[Ingresar la información] B --> C[Incluir soportes] </pre>	<p>Repetitividad de fallas. Criticidad de sistemas de acuerdo. Resultados obtenidos de tareas propuestas en reuniones anteriores. Otros informes de tendencias</p> <p>3. Abrir el documento "Acta de Confiabilidad" el cual se encuentra en los archivos principales del escritorio de PC Ingeniería.</p> <p>4. Ingresar la siguiente información (Ver Instructivo del Formato):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fecha, lugar, hora de inicio y final de la reunión. • Motivo de la reunión. • Asistentes. • Temas a tratar. <p>5. Incluir los soportes de la información recolectada en el punto 2, los cuales tienen que ser acordes con los mencionados en "Temas a Tratar"-Punto 4.</p>	<p style="text-align: center;">Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Parámetros de Rendimiento – Motores FO-DCC-031</p> <p>Análisis de Causa Raíz (RCA) FO-DCC-032</p> <p>Acta de Confiabilidad FO-DCC-028</p> <p>Carpeta Acta de Confiabilidad C:\Users\IngenieriaDesktop\ActaConfiabilidad</p> <p>Acta de Confiabilidad FO-DCC-028</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTO DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Aplicar técnicas de confiabilidad] --> B[Indicar tareas] B --> C[Firmar el acta por cada integrante del] C --> D[Entregar Acta para Archivo] D --> E([FIN]) </pre>	<p>6. Realizar el análisis del caso expuesto, aplicando las adecuadas técnicas de confiabilidad.</p> <p>7. De acuerdo a lo concluido en los análisis con el comité, definir tareas para cada tema tratado, las cuales deberán enumerarse en la sección de "TAREAS" especificando nombre y cargo del responsable, fecha de ejecución, fecha de seguimiento e indicar si esta tarea ha sido cerrada o no, para el caso de actas anteriores.</p> <p>8. Firmar el acta por todos los participantes en la reunión.</p> <p>9. Controlar acta de confiabilidad y archivarla una vez se haya culminado cada tarea.</p>	<p style="text-align: center;">Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Capítulo 6. Sistema de Análisis de Datos</p> <p>Acta de Confiabilidad FO-DCC-028</p>

4. SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1. INTRODUCCIÓN

La información de la aeronave con respecto a mantenimiento y operaciones es la base fundamental del programa de confiabilidad. Existen cuatro categorías principales de la aeronave de las cuales se tomara la información¹⁹, estas son:

- ✓ Sistemas
- ✓ Componentes / Unidades Línea-Remplazo (LRU)
- ✓ Estructura
- ✓ Motores

4.2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Tabla 8. Fuentes de Información

TIPO DE INFORMACIÓN	INFORMACIÓN OPERACIONAL	REPORTES EN TAREAS RUTINARIAS
Libro de Vuelo de la Aeronave	X	X
Vuelo de Comprobación o Prueba	X	
Informe Talleres	X	X
Remociones No Programadas	X	
Reportes en Inspección de Componentes	X	X
Inspecciones Especiales	X	X
Reportes Diferidos MEL	X	X
Sistemas Crónicos	X	X

¹⁹ UAEAC. UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL. Programas de Confiabilidad, Bogotá, Colombia, CI-5103-082-17. URL: <http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/Rglamentacion/Cirdulares/CircularesInformativas/CI-5103-082-017.pdf>. accedido el 14 de Julio de 2016, p 05.

Tabla 8. (Continuación)		
TIPO DE INFORMACIÓN	INFORMACIÓN OPERACIONAL	REPORTES EN TAREAS RUTINARIAS
Mantenimiento No Programado		X
Datos de Rendimiento en Vuelo		X
Reduced Vertical Separation Minimum (RVSM),		X
Reportes en Mantenimiento Programado		X
Accidentes o Incidentes		X
Componentes Inconformes o Remoción de Partes		X
Remoción No Programada de Motor	X	X

Fuentes: FAA. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Reliability Program Methods and Standards for Determining Maintenance Schedule Revisions, US, Department of Transportation, 201. URL: file:///C:/Users/David/Downloads/FAA%20%20-%20RCM.pdf. accedido el 14 de Julio de 2016, p 51.

4.3. VERACIDAD DE LA INFORMACIÓN

Las fuentes de información y los procesos asociados a estos, conforman la base fundamental del programa de confiabilidad, específicamente sirviendo como entradas para las técnicas de monitoreo y los diferentes procesos de análisis. El MGM (Manual General de Mantenimiento) de la compañía es la forma como se asegurara la confiabilidad de la información, mediante la claridad y control en los procesos de mantenimiento. Dentro de las principales características que debe contener el MGM para ofrecer una confianza en la información utilizada en RCM, son las siguientes²⁰:

²⁰ FAA. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Reliability Program Methods and Standards for Determining Maintenance Schedule Revisions, US, Department of Transportation, 201. URL: file:///C:/Users/David/Downloads/FAA%20%20-%20RCM.pdf. accedido el 14 de Julio de 2016, p 52.

- ✓ Adoptar comprensiva información estándar.
- ✓ Uso de formularios que sirvan para el cumplimiento de los procedimientos requeridos por el fabricante.
- ✓ Información sobre procesos de auditoria que sirvan para detectar y corregir irregularidades.
- ✓ Métodos de retroalimentación de la información entre mantenimiento y operaciones, con respecto a desviaciones en los estándares de funcionamiento.

4.4. DIAGRAMAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
A. LIBRO DE VUELO Y OT REPORTES DE AERONAVE			
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Verificación de reportes piloto-técnico] A --> B[Indicar número de hoja de libro de vuelo] B --> C[Indicar MEL] C --> D[Especificar quien realiza el reporte] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y verificar mensualmente cada hoja de libro de vuelo y ordenes de trabajo de reportes de las aeronaves HK 5002, HK 4846 y HK 5107 y registrar los reportes de piloto y técnico en el sistema de reportes, especificando la siguiente información: 2. Registrar número de hoja de libro de vuelo. 3. Indicar categoría MEL si aplica de acuerdo al reporte. 4. Indicar quien realiza el reporte (Piloto o Técnico). 	<p style="text-align: center;">Ingeniero de Confiability</p>	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p> <p>Sistema de Reportes FO-DCC-033</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Indicar fecha de reporte] --> B[Transcribir reporte piloto o técnico] B --> C[Seleccionar ATA] C --> D[Seleccionar Sub - ATA] D --> E[Indicar horas aeronave - motor] E --> F[Transcribir la acción correctiva, indicando la referencia del documento donde se describe el respectivo procedimiento] F --> G[Indicar fecha de cierre del reporte] G --> H([FIN]) </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 5. Indicar fecha de reporte, Ejem: 01-Ene-2016. 6. Transcribir el reporte de la misma forma como se encuentra en el libro de vuelo*. 7. Indicar código ATA del sistema donde se originó la discrepancia. 8. Indicar código Sub-ATA. 9. Indicar horas aeronave-motores. 10. Transcribir la acción correctiva tomada frente a la discrepancia*, incluyendo referencia del documento utilizado para la acción, tal como manual del fabricante, orden de ingeniería, SB, AD, etc. 11. Indicar fecha de cierre del reporte. <p>*Transcribir la información del libro de vuelo (Reporte-Acción Correctiva) de la misma forma que el técnico o piloto redacto, incluyendo errores gramaticales, esto con el propósito de evitar alteración de la información.</p>	<p style="text-align: center;">Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p> <p>Sistema de Reportes FO-DCC-033</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
B. INFORMES DE LOS TALLERES (TAR – TARE)			
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Verificar y enlistar trabajos por TAR] A --> B[Seleccionar trabajos por acciones correctivas] B --> C[Registrar información de la discrepancia] C --> D[Especificar el sistema o sub-sistema afectado] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y verificar mensualmente cada uno de los trabajos de mantenimiento sub contratados (TAR o TARE) que se han realizado para cualquier sistema o sub-sistema. 2. Determinar los trabajos que se originaron por requerimiento de acciones correctivas del sistema o sub-sistema. 3. Revisar y registrar en el sistema de reportes la información con respecto a la discrepancia, tal como: <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Especificaciones del sistema o sub-sistema que fallo, con número de ATA y Sub-ATA respectivamente. 	<p style="text-align: center;">Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p style="text-align: center;">Informes de reportes TAR-TARE</p> <p style="text-align: center;">Sistema de Reportes FO-DCC-033</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Especificar información del componente] --> B[Especificar el sistema o sub-sistema afectado] B --> C[Especificar el diagnóstico del componente] C --> D[Especificar la acción correctiva tomada] D --> E[Especificar resultados finales] E --> F([FIN]) </pre>	<p>3.2. Especificar P/N, S/N, horas y/o ciclos del componente.</p> <p>3.3. Indicar contexto operacional ideal del componente, de acuerdo a especificaciones del fabricante.</p> <p>3.4. Diagnóstico del componente según el ente reparador.</p> <p>3.5. Acción ejecutada, especificando el procedimiento sugerido por el fabricante.</p> <p>4. Especificar resultados finales.</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Informes de reportes TAR-TARE</p> <p>Sistema de Reportes FO-DCC-033</p>

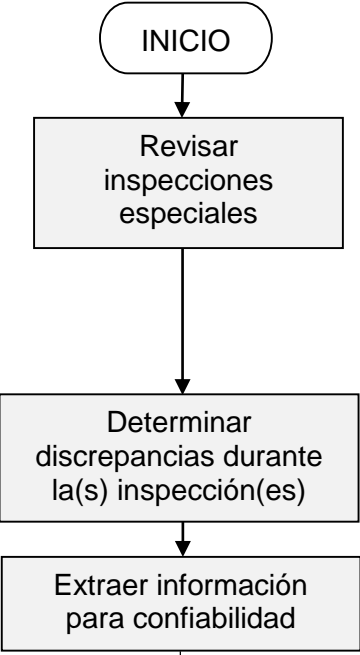
DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
C. INSPECCIONES ESPECIALES			
 <pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Revisar inspecciones especiales] A --> B[Determinar discrepancias durante la(s) inspección(es)] B --> C[Extraer información para confiabilidad] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar mensualmente las inspecciones especiales y especiales mandatarías de acuerdo a los capítulos 4 y 5 del PIM respectivamente por cada aeronave. 2. Revisar y determinar cada discrepancia encontrada durante las inspecciones especiales. 3. Extraer información detallada acerca de la discrepancia tal como: <ul style="list-style-type: none"> • Identificación del componente. • Horas del componente. • Tipo de discrepancia (Mal funcionamiento, deterioro, Rajaduras, entre otros). 	<p>→ Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Informes de reportes TAR-TARE</p> <p>→ Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p> <p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p>

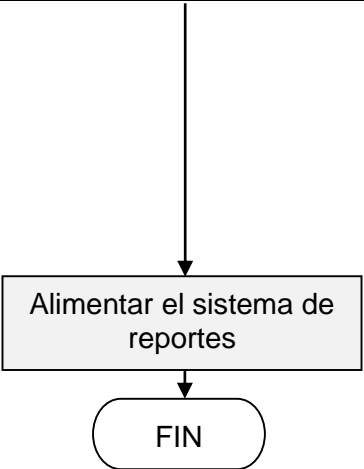
DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
 <pre> graph TD Start(()) --> Process[Alimentar el sistema de reportes] Process --> End([FIN]) </pre>	<ul style="list-style-type: none"> • Referencia del daño con respecto al fabricante. • Procedimiento de corrección. • Otra información relevante. <p>4. Registrar la información de acuerdo a la sección 4.4 (A) numerales 2 a 11, como sea aplicable.</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Indicar reporte] --> B[Especificar las partes involucradas en el reporte] B --> C[Especificar cuándo se presenta el reporte] C --> D[Describir como sucedió la discrepancia] D --> E[Especificar el porqué de la discrepancia] E --> F[Indicar las personas que intervienen en el reporte] F --> G([FIN]) </pre>	<p>3.2. Indicar exactamente que fue el reporte.</p> <p>3.3. Especificar el componente, herramienta, parte aeronáutica o condición del reporte, indicando su respectiva identificación con P/N, S/N, Forma 8130, entre otra información relevante.</p> <p>3.4. Especificar fecha, horas, ciclos, del ítem, como sea aplicable con el propósito de identificar cuando se presenta el reporte.</p> <p>3.5. Indicar el cómo sucedió la discrepancia.</p> <p>3.6. Especificar el “Porqué” de la discrepancia como sea aplicable.</p> <p>3.7. Indicar las personas involucradas en la discrepancia.</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Reporte Discrepancias de Almacén</p> <p>Sistema de Reportes FO-DCC-033</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<p>E. INFORMES DE SEGURIDAD AÉREA “SMS” El Sistema de Gestión de Seguridad Operacional es un enfoque sistemático para la gestión de la seguridad operacional, que incluye las estructuras organizativas, líneas de responsabilidad, políticas y procedimientos necesarios. El sistema SMS en ciertas áreas debe ir muy enlazada con la metodología RCM, debido a la calidad de información que este contiene.</p>			
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Solicitar Informe de Seguridad Operacional] A --> B[Solicitar Reportes MOR] B --> C[Solicitar estado de factores de control de Mto] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitar mensualmente los informes de seguridad operacional. 2. Solicitar junto al informe, los reportes obligatorios – Dificultad mecánica en servicio (MOR). 3. Solicitar el estado de los factores controlados por el SMS en Mantenimiento, tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Presión Empresarial. • Falta de Personal. • Falta de Documentación. • Cambio de Turno. • Herramientas. • Instalaciones Inadecuadas. 	<p style="text-align: center;">→ SMS Ingeniero Confiabilidad</p>	<p>Informe de Seguridad Operacional</p> <p>Reportes Obligatorios – Dificultad Mecánica en Servicio (MOR).</p> <p>Informe de Seguridad Operacional</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Extraer la información relacionada con el mantenimiento] --> B[Clasificar los reportes] B --> C[Determinar relación con reportes actuales de mantenimiento] </pre>	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento Inadecuado. • Disponibilidad de Partes. • Procedimientos Inadecuados. • Gestión de Almacén. • Herramientas no Disponibles. <p>NOTA: Estos factores son vigilados por SMS con el propósito de controlar la deriva práctica en la seguridad aérea.</p> <p>4. Extraer la información suministrada que tenga relación directa e indirecta con el mantenimiento e ingeniería.</p> <p>5. Calificar los reportes por criticidad mediante la matriz de criticidad.</p> <p>6. Determinar si existe relación con los reportes actuales de mantenimiento y la forma de que estos interactúan.</p>	<p style="text-align: center;">Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Informe de Seguridad Operacional</p> <p>Método de Matriz de Criticidad (Capítulo 6, Numeral 6,2)</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Determinar relación con reportes actuales de mantenimiento] --> B[Alimentar sistema de reportes] B --> C([FIN]) </pre>	<p>7. Determinar información específica como aplique en cuanto a la discrepancia, tal como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema y/o Sub-Sistema afectado si aplica. • Acción de Mto y Operaciones. • Fecha, lugar y aeronave. • Condición Insegura. • Decisiones Estratégicas. • Análisis Realizados por SMS. • Historial SMS con respecto a temas relacionados. • Otra Información Importante. <p>8. Alimentar el sistema de reportes, suministrando la información extraída tal como se describe en la sección 4.4 (A) numerales 2 a 11.</p>	<p style="text-align: center;">→ Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p style="text-align: center;">Sistema de Reportes FO-DCC-033</p>

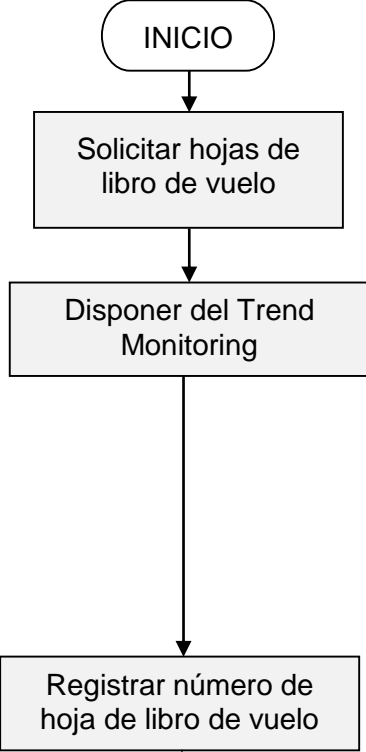
DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<p>F. DATOS DE RENDIMIENTO DE VUELO Siempre que una aeronave está operando, la tripulación mediante el libro de vuelo de la aeronave registran información importante sobre el vuelo, tal como condición y tiempo de vuelo, origen, destino, horas de componente, reportes e información de monitoreo, la cual es gestionada por confiabilidad. A continuación se describe el proceso para el manejo de la información.</p>			
 <pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Solicitar hojas de libro de vuelo] A --> B[Disponer del Trend Monitoring] B --> C[Registrar número de hoja de libro de vuelo] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> Solicitar diariamente a Dir. Mantenimiento las hojas de libro de vuelo de las aeronaves. Disponer del trend monitoring de las aeronaves. <p>NOTA: La siguiente información será tomada de las hojas del libro de vuelo de cada aeronave, la sección de referencia se indicara entre comillas.</p> <ol style="list-style-type: none"> Registrar número de hoja de libro de vuelo, sección "N". 	<ul style="list-style-type: none"> Dir. Mtto Ingeniero Confiabilidad Ingeniero de Confiabilidad Ingeniero de Confiabilidad 	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Trend Monitoring FO-DCC-035</p> <p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Trend Monitoring FO-DCC-035</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Registrar fecha de vuelo] --> B[Registrar número de matricula] B --> C[Registrar T.T. de la aeronave] C --> D[Registrar parámetro OAT] D --> E[Registrar parámetro ALT] E --> F[Registrar parámetro Air Speed] </pre>	<p>4. Registrar fecha de vuelo, sección, "FECHA" con el siguiente formato Día-Mes-Año (Ejem: 01-Ene-2017).</p> <p>5. Registrar número de matrícula de la aeronave, sección, "MATRICULA" (Ejem: HK 5002).</p> <p>6. Registrar el Tiempo Total de la aeronave en horas, sección, "TOTAL AVIÓN"</p> <p>7. Registrar el parámetro OAT (Outside Air Temperature) en °C, sección, "OAT".</p> <p>8. Registrar altitud de vuelo (FT), sección "ALT".</p> <p>9. Registrar velocidad del aire (Air Speed) en unidades Knots, sección "SPEED".</p> <p>NOTA: La siguiente información registrada aplica para ambos motores de la aeronave Motor 1 (IZQ) y Motor 2 (DER).</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006 Trend Monitoring FO-DCC-035</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Registrar T.T. Motores] --> B[Registrar parámetro ITT] B --> C[Registrar parámetro TORQUE] C --> D[Registrar parámetro N2] D --> E[Registrar parámetro N1] E --> F[Registrar parámetro FUEL FLOW] </pre>	<p>10. Registrar tiempo total en horas del motor 1-2, sección, "TOTAL MOTOR 1-2"</p> <p>11. Registrar parámetro ITT (Interstage Turbine Temperature) de los motores en unidades °C, sección "ITT".</p> <p>12. Registrar parámetro torque por cada motor en unidades Lb-Ft, sección, "TORQUE".</p> <p>13. Registrar parámetro N2 por cada motor en unidades RPM, sección, "PROP RPM".</p> <p>14. Registrar parámetro N1 por cada motor en %, sección, "NG %".</p> <p>15. Registrar flujo de combustible por cada motor en unidades Lb, sección, "FUEL FLOW".</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Trend Monitoring FO-DCC-035</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Registrar parámetro OIL PRESS] --> B[Registrar parámetro OIL TEMP] B --> C[Indicar trayecto de toma de parámetros] C --> D[Actualizar graficas de monitoreo] D --> E([FIN]) </pre>	<p>16. Registrar presión de aceite por cada motor en unidades PSI, sección, "OIL PRESS".</p> <p>17. Registrar temperatura de aceite por cada motor en unidades °C, sección, "OIL TEMP".</p> <p>18. Indicar trayecto donde se toman los parámetros, sección, "ORIGEN – DESTINO".</p> <p>Nota: Normalmente la tripulación registra estos datos de rendimiento en el primer vuelo de la aeronave.</p> <p>19. Actualizar gráficas de rendimiento por cada motor.</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Trend Monitoring FO-DCC-035</p>

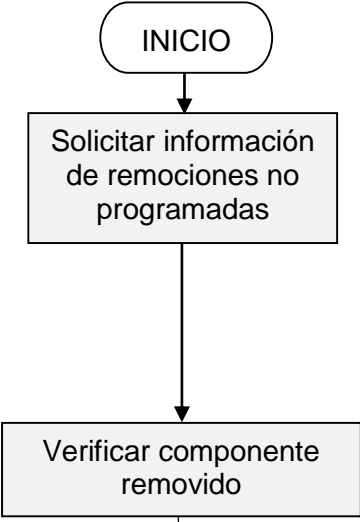
DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<p>G. REMOCIONES NO PROGRAMADAS</p> <p>Para ciertos componentes de la aeronave, debido a su criticidad o alta rotación, es necesario su permanente monitoreo con respecto a instalaciones y desinstalaciones no programadas ya sea por un correctivo, temas de inspecciones por condición, por disponibilidad de la aeronave, entre otras situaciones. Que a la larga podrían afectar la aeronavegabilidad del componente. Por tal razón es de suma importancia controlar dichas intervenciones. Esta información es tomada de los libros de vuelo y mantenimiento de la aeronave en los casos en los que un componente deba ser removido antes de cumplir su TBO o su tiempo de inspección definidos en el programa de mantenimiento para cada modelo de aeronave.</p>			
 <pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Solicitar información de remociones no programadas] A --> B[Verificar componente removido] B --> END[] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitar mensualmente a Dir. Mantenimiento las hojas de libro de vuelo de las aeronaves y ordenes de trabajo, donde se evidencie remociones no programadas de componentes. 2. Verificar cada componente que ha sido removido por una situación no programada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dir. Mtto • Ingeniero de Confiabilidad • Ingeniero de Confiabilidad 	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Orden de Trabajo FO-DCC-015</p> <p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Prestar especial atención a los componentes enlistados] --> B[Registrar el nombre del componente] B --> C[Registrar aeronave] C --> D[Registrar T.T. aeronave] </pre>	<p>3. Prestar mayor atención en la rotación de los siguientes componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Battery • Landing Gear • Sistema Eléctrico (ELT, CVR) • Battery • Power PLant • Engine Accesories • Propeller • Fuel System • Air-Conditioning and Pressurization System • Fuselage and Associated Structure <p>4. Identificar y registrar el nombre del componente, P/N y S/N.</p> <p>5. Registrar la aeronave donde se encontraba instalado.</p> <p>6. Registrar T.T. de la aeronave en horas.</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Orden de Trabajo FO-DCC-015</p> <p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p> <p>Control de Remociones no Programadas FO-DCC-036</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Registrar fecha de remoción] --> B[Registrar tiempos del componente] B --> C[Indicar número de ATA y SUB-ATA del componente] C --> D[Describir razón de remoción] D --> E[Describir disposición final del componente] E --> F([FIN]) </pre>	<p>7. Registrar fecha de remoción en formato 01-ENE-2017.</p> <p>8. Registrar T.T., T.S.I. y T.S.O. en horas del componente.</p> <p>9. Indicar número de ATA y SUB-ATA del componente removido.</p> <p>10. Describir la razón de la remoción, teniendo en cuenta factores como (Quien, Cuando, Donde, Porque y Como).</p> <p>11. Describir la disposición final del componente removido, especificando si fue:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalado nuevamente en la aeronave de origen. • Instalado en otra aeronave. • Enviado a TAR o TARE. • Enviado al almacén. • Otra disposición. <p>Nota: Debe especificarse de forma detallada la disposición final, respondiendo nuevamente a las preguntas de quien, cuando, donde, porque y como.</p>	<p style="text-align: center;">Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Orden de Trabajo FO-DCC-015</p> <p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p> <p>Control de Remociones no Programadas FO-DCC-036</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<p>H. VERIFICACIONES FUNCIONALES</p> <p>En ciertas inspecciones preventivas, el técnico debe proceder a probar la funcionalidad del sistema y/o sub-sistema, verificando que este opera dentro de los estándares de funcionamiento establecidos por el fabricante. Estas inspecciones de funcionalidad son registradas en los formatos de inspección y se tomaran como fuente de información en confiabilidad, dependiendo de la calidad de la información.</p>			
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Verificar inspecciones programadas ejecutadas] A --> B[Identificar sección de verificaciones funcionales] B --> C[Revisar estándares de funcionamiento] C --> D{¿Resultados Satisfactorios?} D -- SI --> B D -- NO --> E[] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar mensualmente con la Dirección de Ingeniería, las inspecciones programadas ejecutadas de cada aeronave. 2. Identificar dentro de los formatos de inspección, la sección de verificaciones funcionales. 3. Revisar la información suministrada en la inspección, verificando que las pruebas funcionales hayan concluido satisfactorias de acuerdo a parámetros establecidos por el fabricante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dir. Ingeniería • Ingeniero Confiabilidad <p style="text-align: center;">Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Orden de Trabajo FO-DCC-015</p> <p>PIM C90 / DIE-PG-01 PIM Learjet 45 / DIE-PG-02</p> <p>PIM C90 / DIE-PG-01 PIM Learjet 45 / DIE-PG-02</p> <p>PIM C90 / DIE-PG-01 PIM Learjet 45 / DIE-PG-02</p> <p>Manual del Fabricante</p> <p>"C:\Program Files (x86)\Bombardier\Viewer\"</p> <p>"C:\Program Files (x86)\HawkerBeechcraft\IML\Bin\LinkOne.exe"</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Informar sobre la satisfacción de las pruebas] --> B[Identificar matricula de la aeronave] B --> C[Identificar T.T. aeronave] </pre>	<p>4. Informar a la Dirección de Ingeniería vía e-mail, que no se ha encontrado ninguna discrepancia dentro de las verificaciones funcionales. y/o informar durante la reunión de confiabilidad mensual.</p> <p>NOTA: En caso de encontrar alguna anomalía en la sección de verificaciones funcionales en las inspecciones programadas, se deberá recolectar la siguiente información y enviarla al área de Ingeniería y Control Calidad vía e-mail.</p> <p>5. Identificar matricula de aeronave donde se ejecutó la inspección.</p> <p>6. Identificar T.T. de aeronave en horas, cuando se ejecutó la inspección.</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Acta de Confiabilidad FO-DCC-028</p> <p>Orden de Trabajo FO-DCC-015 PIM C90 / DIE-PG-01 PIM Learjet 45 / DIE-PG-02</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Identificar tipo de inspección ejecutada] --> B[Especificar ítems que presentan anomalía] B --> C[Especificar estándares de operación de acuerdo al fabricante] C --> D([FIN]) </pre>	<p>7. Identificar tipo de inspección ejecutada, especificando número de formato de inspección y número de orden de trabajo.</p> <p>8. Especificar los ítems de inspección donde se evidencio la anomalía.</p> <p>9. Especificar de acuerdo al fabricante, los parámetros que no cumplen con los estándares de funcionamiento.</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Orden de Trabajo FO-DCC-015 PIM C90 / DIE-PG-01 PIM Learjet 45 / DIE-PG-02</p> <p>PIM C90 / DIE-PG-01 PIM Learjet 45 / DIE-PG-02</p> <p>PIM C90 / DIE-PG-01 PIM Learjet 45 / DIE-PG-02</p> <p>Manual del Fabricante "C:\Program Files (x86)\Bombardier\Viewer\ "C:\Program Files (x86)\HawkerBeechcraft\IML\Bin\LinkOne.exe"</p>


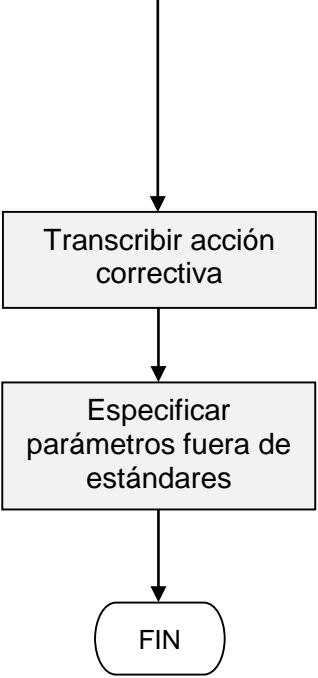
DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<p>I. MONITOREO RVSM POR CONFIABILIDAD RVSM (Reduced Vertical Separation Minimum), este tipo de operación aplica exclusivamente a la aeronave Learjet 45, por el modelo de la aeronave. El RVSM trata sobre el uso del espacio aéreo RVSM (niveles de vuelo FL290 y FL410), garantizando una separación vertical entre dos aeronaves de 1000 Ft a 2000 Ft.</p>			
 <pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Revisar y verificar reportes, incluyendo diferidos MEL] </pre>	<p>1. Revisar y verificar mensualmente, los reportes diferidos MEL y no diferidos, de la aeronave Learjet 45.</p> <p>NOTA: La aeronave para poder operar en espacio RVSM, debe cumplir con una serie de requisitos, dentro de los cuales esta, contar con ciertos equipos aeronavegables (Ref. 1.3 del Manual de Mantenimiento RVSM, Código DIE-M-04), los cuales son mencionados a continuación y que son el objetivo de seguimiento para esta sección.</p>	<p style="text-align: center;">→ Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Determinar reportes de los componentes críticos RVSM] --> B[Disponer del sistema de reportes] B --> C[Indicar número de hoja de libro de vuelo] </pre>	<p>2. Determinar los reportes que hacen referencia a los siguientes equipos críticos de RVSM:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TCAS II • ALTITUDE ALERT • AUTOPILOT • AIR DATE COMPUTER • SKIN (PITOTS located) <p>3. Disponer del sistema de reportes.</p> <p>NOTA: La siguiente información será registrada de acuerdo a la información contenida en los libros de vuelo, ordenes de trabajo e informes de TAR/TARE como sea aplicable con respecto a la aeronave Learjet 45, exclusivamente para los componentes mencionados con anterioridad.</p> <p>4. Indicar número de hoja de libro de vuelo y/o orden de trabajo.</p>	<p style="text-align: center;">→ Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p> <p>Sistema de Reportes FO-DCC-033</p> <p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[Indicar categoría MEL] --> B[Indicar quien realiza el reporte] B --> C[Indicar fecha de reporte] C --> D[Transcribir reporte] D --> E[Especificar código ATA] E --> F[Especificar código SUB- ATA] F --> G[Indicar T.T. aeronave] G --> H[Transcribir acción correctiva] </pre>	<p>5. Indicar categoría MEL si aplica de acuerdo al reporte.</p> <p>6. Indicar quien realiza el reporte (Piloto o Técnico).</p> <p>7. Indicar fecha de reporte, Ejem: 01-Ene-2016.</p> <p>8. Transcribir el reporte de la misma forma como se encuentra en el libro de vuelo u orden de trabajo de reportes.</p> <p>9. Especificar código ATA del sistema donde se originó la discrepancia.</p> <p>10. Indicar Sub-ATA.</p> <p>11. Indicar T.T. de la aeronave en horas.</p> <p>12. Transcribir la acción correctiva tomada frente a la discrepancia*, incluyendo referencia del documento utilizado para</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p> <p>Sistema de Reportes FO-DCC-033</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
 <pre> graph TD Start(()) --> A[Transcribir acción correctiva] A --> B[Especificar parámetros fuera de estándares] B --> C([FIN]) </pre>	<p>la acción, tal como manual del fabricante, orden de ingeniería, SB, etc.</p> <p>13. Indicar fecha de cierre del reporte en siguiente formato, Ejem: 01-ENE-2017.</p> <p>14. Especificar de acuerdo al fabricante, los parámetros que no cumplen con los estándares de funcionamiento.</p> <p>*Transcribir la información del libro de vuelo (Reporte-Acción Correctiva) de la misma forma que el técnico o piloto redacto, incluyendo errores de ortografía, esto con el propósito de evitar alteración de la información.</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Reporte Discrepancias de Mantenimiento FO-DCC-018</p> <p>Sistema de Reportes FO-DCC-033</p> <p>Manual del Fabricante</p> <p>"C:\Program Files (x86)\Bombardier\Viewer"</p> <p>"C:\Program Files (x86)\HawkerBeechcraft\IML\Bin\LinkOne.exe"</p>

5. SISTEMA ESTÁNDARES DE RENDIMIENTO

5.1 ESTÁNDAR DE ANÁLISIS DE TIPO NO ALERTA

El sistema estándar de rendimiento para un tipo de flota de aeronaves, depende de la calidad y cantidad de información recolectada durante operación y mantenimiento, ya que en base a esta, se pueden definir los límites de confiabilidad, expresados numéricamente como un promedio, rango o porcentaje calculado por un número de eventos ocurridos en un específico periodo de operación, expresado en horas de vuelo, horas de operación o tiempo calendario²¹.

Debido al tipo de operación y flota de **MEDICALFLY**, se opta por el sistema de análisis de datos del tipo **no alerta** mientras se consiga información suficiente y así de esta forma establecer límites de confiabilidad de tipo alerta²².

El tipo no alerta consiste en asistir en la operación día a día del programa de inspección y mantenimiento, y mediante el uso efectivo de este, tomarlo como base para el rendimiento mecánico continuo. En este tipo de análisis el sistema de recolección de información tal como reportes operación - mantenimiento, informes de talleres, reportes de chequeo funcionales, reportes de inspecciones especiales, reportes de almacén, información de vuelo de comprobación, remoción -instalación no programadas de componentes, SMS, Trend Monitoring y RVSM, son fundamentales para proporcionar una base para análisis equivalente a los programas de estándares estadísticos.

En el siguiente capítulo se describe la gestión del sistema de análisis de datos, esta asegura la capacidad de resumir los datos y mostrarlos de forma clara al mité de confiabilidad y con esto tomar decisiones apropiadas para el mejoramiento continuo

²¹ UAEAC. UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL. Programas de Confiabilidad, Bogotá, Colombia, CI-5103-082-17. URL: <http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/Rglamentacion/Cirdulares/CircularesInformativas/CI-5103-082-017.pdf>. accedido el 14 de Julio de 2016, p 11.

²² p 17.

en los procesos de mantenimiento y operaciones, los cuales se verán reflejados en la mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad de las aeronaves.

5.2 TÉCNICAS DE MONITOREO

A continuación, se describe la forma de monitoreo de la información mencionada en el sistema de recolección de información, de acuerdo a sistemas estándares usualmente implementados en aviación regular y no regular.

Tabla 9. Técnicas de Monitoreo

Nombre	Method	Inputs Required for Analysis	Action Driver	Reliability Program Requirement
Trend Monitoring	Graph or table that tracks current performance to identify out-of-limit conditions or trends of deterioration.	Understanding of the measurement units that have a relationship to system failures (for example, hours vs. cycles). System metric data is typically supplemented by data on component removals and confirmed failures.	Investigation required when a metric falls outside performance limits or is predicted to do so in the near term based on the current trend.	Timeframes selected for monitoring performance (for example, monthly, quarterly, or yearly averages). Definition of units of measurement and demonstration so they are appropriate to the type and frequency of events being recorded.
Event-Based An event-based program	An event-based program monitors and develops recommendations to specific operational events.	The number and range of inputs must be sufficient to allow data analysis that results in meaningful conclusions. Much of the information that is compiled to assist in the day-to-day operation of the operator's maintenance program may be effectively used as a basis for this type of continuous mechanical performance analysis.	Investigation of the lowest performing items or of any item with a significant change in performance rank.	Definition of performance level or rate of change that would drive investigation.

Fuente: FAA. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Reliability Program Methods and Standards for Determining Maintenance Schedule Revisions, US, Department of Transportation, 201. URL:file:///C:/Users/David/Downloads/FAA%20%20-%20RCM.pdf. accedido el 14 de Julio de 2016, p 54.

6 SISTEMA DE ANÁLISIS DE DATOS

6.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo describe la gestión de la información recolectada en el ...capítulo 4... estableciendo un sistema de análisis de la información, mediante técnicas de confiabilidad tales como trend monitoring, análisis de frecuencias de fallas, análisis weibull, pareto y amef, los cuales tienen como objetivo mejorar el mantenimiento y la operaciones de las aeronaves. El comité de confiabilidad juega un rol crucial en la aplicación de estas técnicas, ya que cada participante aportara su experiencia y conocimiento y de esta forma llevar el programa de confiabilidad de forma efectiva.

6.2 ANÁLISIS REPORTES MANTENIMIENTO – OPERACIONES

En el numeral 4.4 (A), se describe la metodología de recolección de información acerca de los reportes del libro de vuelo y ordenes de trabajo (reportes), suministrados por mantenimiento y operaciones. A continuación se especifica los pasos a seguir para el análisis de dicha información.

6.2.1 Análisis de Criticidad - Reportes

Los siguientes ítems son los criterios para definir la criticidad del reporte.

Frecuencia de Fallas

Fallas (Trimestre)		Factor
Mayor	≥ 3	4
Promedio	2	3
Buena	1	2
Excelente	0,5	1

Impacto Operacional

Impacto Operacional	Factor
Afecta la operación de vuelo	10
Perdida del subsistema y otros	8
Impacta en niveles de seguridad	7
Se puede solucionar durante la operación	2
No genera problema significativo	1

Costos de Mantenimiento

Costo de Mtto		Factor
Mayor	\$ 80.000.000,00	3
Mayor o igual	\$ 40.000.000,00	2
Inferior a	\$ 10.000.000,00	1

Flexibilidad Operacional

Flexibilidad Operacional	Factor
No se dispone de una solución inmediata, resultando en un traslado de la aeronave a la base (Bogotá).	5
Hay solución sin interrumpir la operación de vuelo	2
Existe opción de correctivo inmediato	1

Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH)

Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH)	Factor
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a la UAEAC	8
Afecta el ambiente / instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Ambiente - Seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1

6.2.2 Calculo de Criticidad Total

Mediante la siguiente formula se aplicaran los factores determinados anteriormente y se realizara el cálculo de criticidad total del evento.

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia de Falla} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = ((\text{Impacto Operaci.} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo de Mto} + \text{Impacto SAH})$$

6.2.3 Clasificación de los reportes y cálculo de criticidad.

ATA	Sub-Ata	Frecuencia de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mto	Impacto HSE	Criticidad Total

6.2.4 Rangos de Criticidad

Criticidad Alta	AMEF - RCA	Criticidad ≥ 31
Criticidad Media		$20 \leq \text{Criticidad} \leq 30$
Criticidad Baja		$5 \leq \text{Criticidad} \leq 19$

6.2.5 Matriz de Criticidad – Reportes Mantenimiento / Operaciones

Ff	5	25	30	35	40	45	50
	4	20	24	28	32	36	40
	3	15	18	21	24	27	30
	2	10	12	14	16	18	20
	1	5	6	7	8	9	10
CRITICIDAD ATA-Sub-Ata	5	6	7	8	9	10	CONSECUENCIA

6.3 DIAGRAMAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

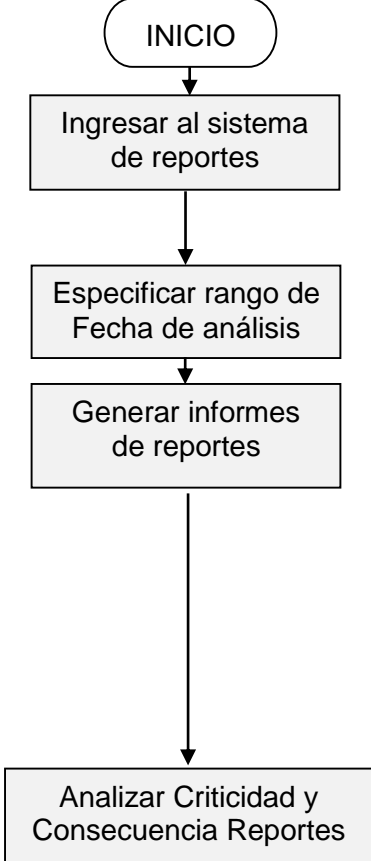
DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
<p>A. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN En el Capítulo 4, se describe el Sistema de Recolección de la Información, donde se describe la gestión de reportes y monitoreo. En esta sección se describe el paso a paso para el análisis de la información de los numerales 4.4. (A – B – C – D – E – H – I)</p>			
 <pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Ingresar al sistema de reportes] A --> B[Especificar rango de Fecha de análisis] B --> C[Generar informes de reportes] C --> D[Analizar Criticidad y Consecuencia Reportes] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar al módulo de sistema reportes en el módulo de vigilancia, evaluación y Aseguramiento. 2. Especificar la fecha de inicio y final del periodo a evaluar. 3. Generar los siguientes informes de reportes por categoría. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Por Aeronave. ✓ Por Flota. ✓ Por ATA y Sub-Ata. <p>NOTA: Los siguientes ítems son realizados junto con el comité de confiabilidad, puesto que la participación de estos, es vital para el desarrollo de las metodologías.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Analizar criticidad total del reporte, tal como se especifica en el numeral 6.2.2., donde se tienen en 	<p style="text-align: center;">Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Sistema de Reportes FO-DCC-033</p> <p>Sistema de Reportes FO-DCC-033</p> <p>Informes de reportes por flota, aeronave, sistemas y sub-sistemas.</p> <p>Capítulo 6, Criticidad del reporte Num. 6.2.2.</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTO DE REFERENCIA
<pre> graph TD A[] --> B[Definir criticidad del reporte] B --> C[Definir metodología de análisis para el reporte] C --> D[Proponer Soluciones] D --> E[Llevar acabo las soluciones propuestas] E --> F([FIN]) </pre>	<p>cuenta factores de frecuencia, impacto operacional, flexibilidad operacional, SAH y costo de mantenimiento.</p> <p>5. Definir los sistemas y/o componentes que son considerados de criticidad alta de acuerdo a la tabla 6.2.5.</p> <p>6. Definir la metodología de análisis de causa raíz para el evento crítico de acuerdo a las técnicas de confiabilidad descritas en los anexos.</p> <p>7. Proponer soluciones frente a los resultados obtenidos especificando el ¿Qué?, ¿Por qué?, ¿Cómo?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Quién (es)? teniendo en cuenta normatividad vigente y sugerencias por parte del fabricante.</p> <p>8. Implementar, controlar y verificar las soluciones propuestas, con la respectiva gestión del proceso.</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Capítulo 6, Núm. 6.2.5.</p> <p>Capítulo 6 ANEXOS 1,2,3 y 4</p> <p>Acta de Confiabilidad FO-DCC-028</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
B. ANÁLISIS DATOS DE RENDIMIENTO DE VUELO			
<pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> A[Disponer del Trend Monitoring] A --> B[Verificar información del periodo a evaluar] B --> C[Verificar parámetros] C --> D{¿Están dentro del estándar?} D -- SI --> E[Informar al Comité de Confiabilidad] D -- NO --> E </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disponer del Trend Monitoring de la(s) aeronave(s) que están siendo monitoreadas. 2. Verificar que la información del último periodo, este completa con respecto al libro de vuelo de la aeronave correspondiente. 3. Verificar con respecto al POH si los parámetros controlados del motor como TORQUE, ITT, N1, N2, OIL PRESS y OIL TEMP están dentro de los rangos permisibles. 4. Informar al Comité de Confiabilidad acerca del comportamiento del motor, especificando la siguiente información: 	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Trend Monitoring FO-DCC-035</p> <p>Hoja de Libro de FO-DCC-006</p> <p>Anexo 5</p> <p>Acta de Confiabilidad FO-DCC-028</p>

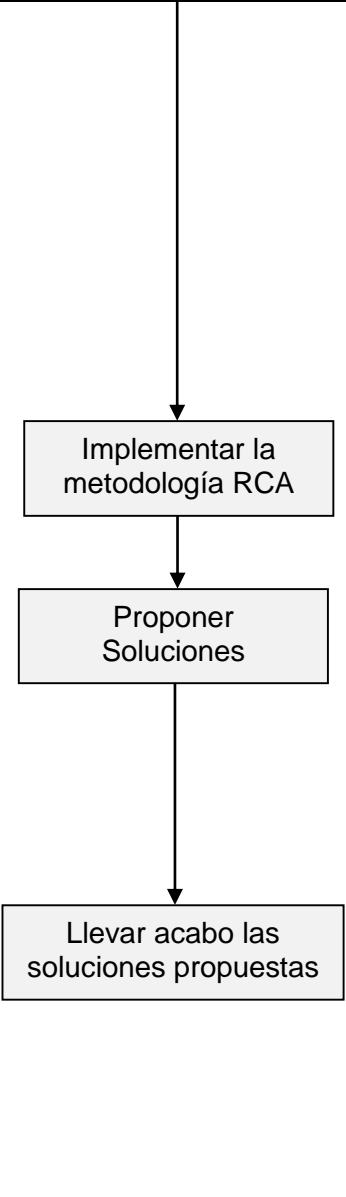
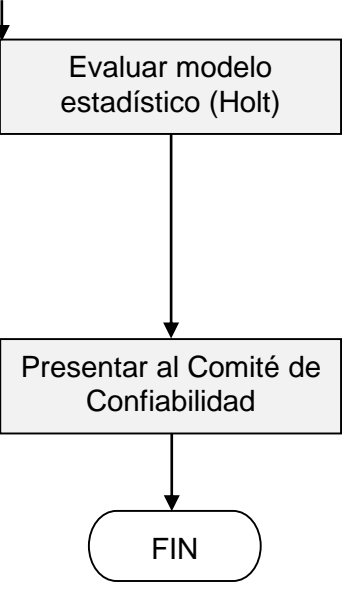
DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
 <pre> graph TD A[] --> B[Implementar la metodología RCA] B --> C[Proponer Soluciones] C --> D[Llevar acabo las soluciones propuestas] style A fill:none,stroke:none </pre>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación del motor, especificando el P/N y S/N. • Tiempo Total y número de ciclos del motor. • Inspecciones programadas y no programadas realizadas al motor. • Histórico de fallas. • Contexto operacional. <p>9. Definir la metodología de análisis de causa raíz para el evento crítico de acuerdo al anexo 2.</p> <p>10. Proponer soluciones frente a los resultados obtenidos especificando el ¿Qué? ¿Por qué?, ¿Cómo?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Quién (es)? teniendo en cuenta normatividad vigente y sugerencias por parte del fabricante.</p> <p>11. Implementar, controlar y verificar las soluciones propuestas, con la respectiva gestión del proceso.</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Análisis RCA, Anexo 2</p> <p>Acta de Confiabilidad FO-DCC-028</p>

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOCUMENTOS DE REFERENCIA
 <pre> graph TD Start(()) --> A[Evaluar modelo estadístico (Holt)] A --> B[Presentar al Comité de Confiabilidad] B --> C([FIN]) </pre>	<p>12. Evaluar la cantidad y calidad de la información de los Trend Monitoring de los diferentes motores y analizar la aplicación de Mantenimiento Predictivo con el modelo estadístico univariado (Holt).</p> <p>13. Mostrar los resultados obtenidos al Comité de Confiabilidad en la reunión mensual.</p>	<p>Ingeniero de Confiabilidad</p>	<p>Análisis Weibull, Anexo 3</p> <p>Acta de Confiabilidad FO-DCC-028</p>

7 CAMBIOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

7.1 FACTORES A TENER EN CUENTA EN LOS CAMBIOS DE MTO

Cuando el Comité de Confiabilidad encuentre necesario cambiar las frecuencias entre servicios rutinarios o cambiar un ítem de un servicio a otro servicio, ampliando o reduciendo el tiempo entre servicios, el Comité de Confiabilidad debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- No se altera la vida de un componente crítico
- No se altera el tiempo de cumplimiento de una A.D.
- No se infringe ninguna regulación vigente por la UAEAC.
- Se cuenta con la suficiente experiencia para sustentar el cambio.
- El aumento de frecuencia no afecta adversamente la aeronavegabilidad de la aeronave.
- Los cambios de frecuencia no pueden exceder el 10% del lapso vigente aprobado por aerocivil.
- Cualquier Cambio de frecuencia debe ser aprobado previamente por la UAEAC.

El Comité de Confiabilidad, solicita a la Dirección de Ingeniería, junto al Ingeniero de Confiabilidad el estudio y sustentación del cambio que se va a efectuar.

El Ingeniero de Confiabilidad debe elaborar un informe para cambio y presentarlo al Comité para su aprobación.

El Comité estudia el documento, si es aprobado se solicita a la Dirección de Ingeniería manejar el documento y enviarlos a la UAEAC para su aprobación si es requerido.

7.2 COMPONENTES CON TIEMPO ENTRE REPARACIONES GENERALES

(HARD TIME).

Cuando el Comité de Confiabilidad encuentre necesario o considere conveniente revisar el tiempo asignado a los componentes controlados por Hard Time, deberá tener en cuenta los aspectos establecidos a continuación:

- Los hallazgos del taller indican que relativamente no hay desgaste o deterioro del componente y que puede aumentarse el tiempo entre reparaciones generales (Time Between Overhaul. TBO).
- Los hallazgos del taller indican que el desgaste o deterioro del componente es menos tiempo que el tiempo de vida asignado, lo cual exige disminuir el tiempo entre reparación general (Time Between Overhaul. TBO).
- Los hallazgos del taller indican que el ítem no se puede determinar el periodo de desgaste y su falla no afecta la seguridad del vuelo, lo cual permite pasarlo a proceso por condición (On Condition).
- El análisis de falla del componente garantiza que no tiene efecto adverso sobre la seguridad de vuelo y Overhaul no es económicamente deseable, lo cual permite pasarlo a proceso por condición (On Condition).
- El tiempo de servicio del componente no está establecido por una directiva de aeronavegabilidad o por la UAEAC, lo cual permite pasarlo a proceso de manejo conforme el criterio por condición (On Condition).
- El componente o sistema cuenta con el auto prueba lo cual permite manejarlo conforme al criterio (On Condition).

Es mandatorio que antes de hacer efectivo el cambio de proceso, este sea revisado por el Director de Control Calidad y aprobado por el Comité de Confiabilidad para seguir el trámite de aprobación por la UAEAC.

8. CONCLUSIONES

- En el análisis del estado actual del área de aeronavegabilidad de la flota de la organización, se evidencio una gran cantidad y calidad de información con respecto a mantenimiento y operaciones de las aeronaves, la cual no existía un método de gestión, con lo que se analizó y se determino el sistema de recolección de información de fuentes importantes.
- En los análisis de estándares de rendimiento se concluyó que debido a que la flota es pequeña, el estándar de alerta más apropiado y sugerido por la autoridad aeronáutica es el de tipo no alerta con la implementación de técnicas de monitoreo como trend monitoring y fmeca.
- En el capítulo 6 relacionado al sistema de análisis de datos se encontró que las técnicas de confiabilidad más apropiadas para la gestión de datos de mantenimiento y operaciones relacionadas a las aeronaves, dependían directamente del contexto operacional de la flota, teniendo en cuenta los reglamentos aeronáuticos (CASS, Sistema de Análisis y Vigilancia Continua), los cuales ofrecen una guía eficiente en la elaboración de programas de confiabilidad.
- Se concluye que los diferentes procedimientos en la metodología de confiabilidad van fuertemente enlazados con el sistema de gestión de seguridad operacional (SMS), ya que implementan técnicas similares de análisis de datos y sus objetivos apuntan a una misma dirección, la cual es el mejoramiento continuo.

- La metodología de confiabilidad adicionara valor a los controles en los procedimientos de mantenimiento y operaciones, ofreciendo constantemente la optimización de los procesos involucrados en estas actividades y también incidiendo de forma positiva a los gastos por mantenimiento.
- Por todo lo anterior puede concluirse que la implementación de una metodología de confiabilidad representa beneficios significativos no solo en factores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad sino también en la seguridad operacional de la flota.

9. RECOMENDACIONES

- Presentar la metodología de confiabilidad de la organización ante la autoridad aeronáutica (UAEAC) para su respectiva aprobación e implementación.
- Realizar el análisis de implementación de un software de gestión de información de confiabilidad, el cual incluya módulos de reportes de mantenimiento y operaciones, control de rotación de componentes, control de reportes MEL's, trend monitoring y que este pueda relacionarlos al libro de vuelo de cada aeronave.
- Realizar el análisis económico que involucra la metodología de confiabilidad, identificando las ventajas y desventajas que esta pueda traer cuando se encuentre en una etapa madura.
- Existen procedimientos de mantenimiento y operaciones que pueden afectar el programa de confiabilidad y mantenimiento, si los conocimientos tácitos no pasan a implícitos.
- Capacitar al personal con respecto a temas de confiabilidad, ya que con el desarrollo y conocimientos de la metodología RCM, el programa de confiabilidad será más eficaz en su implementación.

BIBLIOGRAFÍA

CI-5103-082-17, PROGRAMAS DE CONFIABILIDAD, Revisión 01. Fecha 02/06/2010. Aeronautica Civil de Colombia.

120-MRPWG, Reliability Program Methods and Standards for Determining Maintenance Schedule Revisions, Fecha 08/2013. Advisory Circular (Federal Aviation Administration).

MOUBRAY Jhon. Reliability Centered Maintenance RCM II. Industrial Press NY, 1997.

MOUBRAY Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad. ALADON, 2004.

SAE JA 1011, SURFACE VEHICLE / AEROSPACE STANDARD

<https://www.faa.gov/about/initiatives/sms/explained/components/>

<http://www.mailxmail.com/curso-confiabilidad-operacional/mantenimiento-centrado-confiabilidad-rcm-introduccion>

ANEXOS

ANEXO A. ANÁLISIS POR FMECA

El grupo que conforma el Comité de Confiabilidad, dispondrá de técnicas y herramientas de Confiabilidad para los análisis descritos en el Capítulo 5, a continuación se describirá la forma de utilizar las diferentes metodologías.

FMECA (Failure Mode and Effect Analysis)

Técnica aplicada al estudio Metódico de las consecuencias que provocan las fallas de cada componente de un equipo. Es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o proceso antes de que estas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas. Sus objetivos principales son:

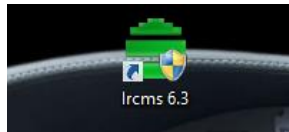
- Reconocer y evaluar los modos de falla potenciales y las causas asociadas con el diseño, operaciones y mantenimiento de un equipo, a partir de los componentes.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema, identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la ocurrencia de la falla potencial.
- Analiza la confiabilidad del sistema.
- Cuantificar riesgos y confiabilidad.
- Documentar el proceso.

CONSIDERACIONES SOBRE FMEA

- FMEA llega a los modos de falla partiendo de la supuesta falla de un componente. considerando que los componentes son perfectamente identificables, la supuesta falla total o parcial de cada uno, nos lleva directamente a todos los modos de falla potenciales (Pérdida de la función).
- Una tormenta de ideas en RCM no asegura que se identifiquen TODOS los modos de falla.

- Los responsables de las pérdidas de funciones de los equipos (Sistemas), son los componentes.
- Si se identifican desde un principio los modos de falla estándar para cada tipo de equipo, definidos bajo un criterio netamente operacional, y se listan sistemas y sub sistemas, causa de fallas y descriptores de falla; y se los recorre en forma sistemática en esta secuencia ordenada; difícilmente pueda quedar afuera ninguna falla supuesta que afecte a las funciones del equipo. Los operadores y mantenedores están muy identificados con las fallas funcionales y los componentes que las provocan.
- Las listas de causas de falla (que incluye todas las causas preestablecidas) limitan así la profundidad de análisis. están adaptadas a nivel de conocimiento del personal involucrado; lo que le otorga confiabilidad a la información.

Para la aplicación del FMECA, se utilizara el software iRCM de CIMPRO, el cual está disponible dentro de los programas de Mantenimiento del área de Ingeniería de Medicalfly son su respectivo manual de uso.



Software iRCM

Una vez que el Comité de Confiabilidad decida implementar la técnica del FMECA, el Ingeniero de Confiabilidad dispondrá de esta herramienta para el análisis de los diferentes modos de falla, efectos y criticidad. A continuación se encuentra el manual del Software iRCM.

ANEXO B. ANÁLISIS POR RCA

El Análisis de Causa Raíz de Falla – RCA, es un proceso estructurado, consciente, enfocado y analítico que permite identificar las causas responsables de las fallas.

2.1. ¿Cuándo se emplea un RCA?

- Fallas crónicas (Repetitivas).
- Fallas esporádicas – Una vez, alto costo.
- Cuellos de botella operacionales.
- Mejora en la calidad de los procesos.
- Reducción en el consumo de insumos.



Figura 5. Elementos Claves del Proceso RCA

2.2. Factores que se incluirán en un análisis RCA

1. Reportes que involucren defectos de vuelo y reducciones en la confiabilidad operacional.
2. Defectos ocurridos en línea y base principal.
3. Deterioro observado durante una rutina de mantenimiento.
4. Después de un mantenimiento mayor
5. Boletines de servicio y evaluaciones de modificación.
6. Idoneidad de equipos de mantenimiento.
7. Instrucciones y publicaciones técnicas.
8. Entrenamiento de equipo de trabajo.
9. Perfil de operación.
10. Homogeneidad de la flota.

2.3. PROCESO PARA LA APLICACIÓN DE UN ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DE FALLA

El análisis de causa raíz consta de 4 fases, las cuales se visualizan en la siguiente figura, describiendo las tareas a realizar y los resultados en cada fase. Aquí también se incluye una fase administrativa, la cual tiene como propósito elaborar planes de acción, seguimiento y verificación de los resultados.



Figura 6. Generalidades del Proceso RCA

2.4. FASE I. REGISTROS DE REPORTE

Esta etapa consiste en el análisis de los reportes, se cuantifican los riesgos materializados, se definen los alcances del análisis, especificando roles y responsabilidades con el total apoyo de la Gerencia General.

2.4.1. REPORTE

Se analiza cada reporte presentado por el Ingeniero de Confiabilidad, describiendo información tal como Qué paso?, Como?, Cuando?, Donde?, Por qué?, disponiendo de la matriz de criticidad para valorar el impacto del mismo.

2.4.2. Valoración y clasificación del reporte.

La criticidad del reporte es analizada, mediante la matriz de criticidad, capítulo 5, numeral 5.2, donde los factores a definir son la frecuencia de la falla y la consecuencia, y dependiendo de esto, se establece el nivel de investigación.

2.4.3. GRUPO DE TRABAJO PARA RCA

Para la aplicación de la metodología RCA, deberá contarse con cada uno de los integrantes del Comité de Confiabilidad, tal como se describe en el numeral 2.4, ya que cada persona en sus diferentes roles con el activo aportara ideas que contribuyan a la(s) causa(s) de la discrepancia tratada.

2.5. FASE II. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

El propósito de esta fase es definir de forma concisa el problema presentado, redactándolo en una frase que incluya el escenario de la falla, la frecuencia comparativa de falla y la consecuencia. Lo ideal es segregar el problema en partes comprensibles o subsistemas.

2.5.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La metodología a utilizar para identificar el problema es la lluvia de ideas, incluyendo los hallazgos del análisis de la información, para luego relacionarlos con los siguientes elementos.

- ✓ Materiales y Equipos.
- ✓ Procedimientos.
- ✓ Error Humano.
- ✓ Diseño e Ingeniería.
- ✓ Especificaciones y Suministros.
- ✓ Entrenamiento y Competencias.
- ✓ Administración
- ✓ Causas Externas – Daños por Terceros.
- ✓ Fuerzas Naturales.

2.5.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Para definir el problema es necesario identificarlo, determinar la importancia del incidente con la cuantificación de la consecuencia, determinar si es un problema recurrente o poco común, si está relacionado con una tendencia detectada en el sistema de alarmas, con una cultura de la seguridad o con la deficiencia de un sistema de control.

De los factores más importantes para definir el problema, es realizar una lista de hechos de fallas de mantenimiento, de operación, etc. Y esta será la base del análisis, ya que todas las causas de falla se deben poder verificar con los hechos listados en cada etapa. Se plantean hipótesis adheridas a los hechos, circunscritas a unas fronteras físicas determinadas, con puntos de vista de diferentes disciplinas.

2.5.3. HERRAMIENTAS PARA ANALIZAR EL PROBLEMA

- **Cronología de Eventos**

En la línea de tiempo base, el propósito es describir los eventos relacionados a la falla a lo largo del tiempo, aquí los documentos tales como ordenes de trabajo, ordenes de ingeniería, libros de vuelo, HSR de aeronave y/o componentes son fundamentales.

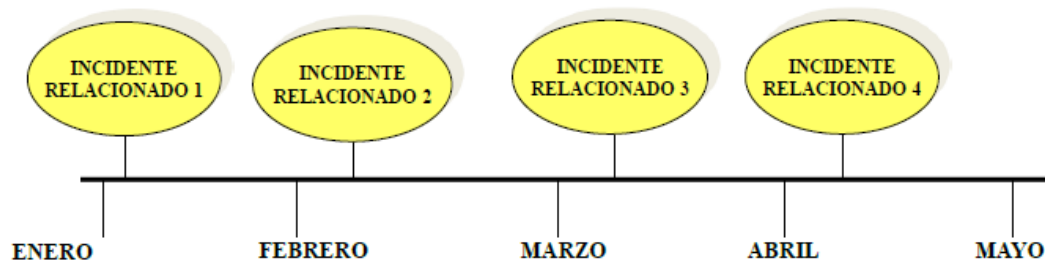


Figura 7. Descripción de fallas a los largo de su vida útil.

- **Asociación de Eventos**

Las eventualidades analizadas, se asocian con elementos, tal como se muestra a continuación, y es una forma práctica para definir el problema. Cuando se obtiene esto, un gran conocimiento del problema, posiblemente ya existe una gran parte de la solución.

ASOCIACIÓN DE EVENTOS

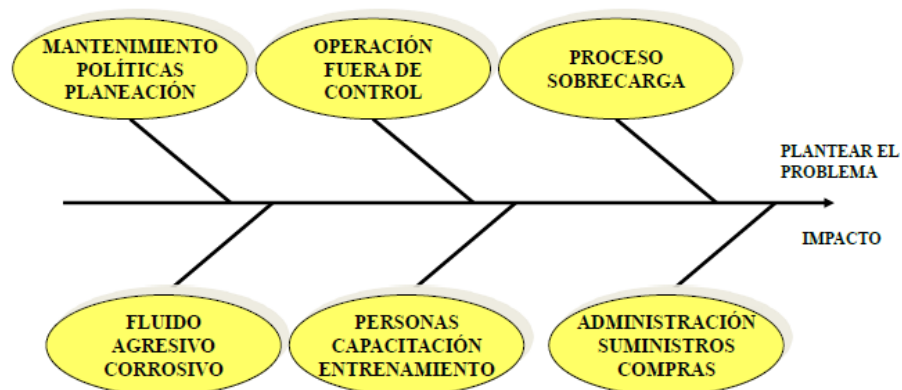


Figura 8. Agrupación de eventos con un elemento común principal

2.6. FASE 3. ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

En esta etapa se identifican todas las causas posibles (acciones o condiciones) anteriores que pudieron haber influido en el problema, se plantean hipótesis y se construyen los diagramas causa – efecto. Se pueden llegar a hipótesis que puedan ser verificadas y que están relacionadas con el hecho, convirtiéndose en posible causa raíz.

Dentro de las verificaciones se pueden generar nuevos hechos e hipótesis que requerirán análisis más especializados, llegando a convertirse en causas probables, pero también se puede llegar con hipótesis que no tengan que ver con el problema tratado.

2.6.1. ANÁLISIS DE CAUSAS POSIBLES

En esta parte del análisis, existen diferentes métodos para llegar a la causas raíz, pero dependiendo del caso tratado por el Comité de Confiabilidad, el Ingeniero de Confiabilidad recomendará utilizar alguna de las siguientes metodologías.

- Análisis de Barreras.
- Árbol de Falla.
- Resolución de Problemas.
- Evaluación de Desempeño Humano.
- Espina de Pescado.
- 5 Porqués?

2.6.2. Validación de Hipótesis

Identificar las razones por las cuales una acción o condición existe, cuál es el fenómeno que genera la causa y cuál es el efecto. Si se elimina la causa con una acción correctiva apropiada y se eliminan o mitigan los efectos recurrentes, la hipótesis es demostrable y válida y se convierte en una causa posible.

2.6.3. VERIFICACIÓN DE CAUSAS

Resumir la información de las diferentes discrepancias, listar cada una de las causas probadas y las acciones correctivas, clasificarlas por Atas y Sub-Atas. Esto contribuirá a la selección de la causa más directa o **Causa Raíz** y ¿Cómo darnos cuenta que es la Causa Raíz?, esto se logra mediante aquellas acciones preventivas que se llevan a cabo, y las cuales eliminan el efecto y la recurrencia.

2.7. FASE 4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

La implementación y ejecución efectiva de acciones correctivas para cada causa probada, reduce la probabilidad de ocurrencia de la falla e incrementa la confiabilidad y seguridad del sistema analizado. El objetivo es seleccionar una alternativa de solución balanceada, que elimine la causa raíz del problema sin crear uno nuevo y mayor.

2.7.1. SELECCIÓN DE CRITERIOS

Se listan y definen los requerimientos mínimos o “deberes” y los requerimientos deseables o “deseos” del análisis desde el punto de vista de que es lo que queremos lograr, evitar y mantener.

2.7.2. SOLUCIONES ALTERNATIVAS

Las causas raíz de falla, listadas en la Fase 3, se agrupan de acuerdo con la interacción entre ellas y se plantean soluciones para cada causa y grupo de causas. El objetivo es asegurar que se está analizando el problema de forma amplia, se busca enfocar soluciones desde otros puntos de vista. Ejemplo, mejoramiento del equipo existente o selección de equipo de nueva tecnología.

2.7.3. IDENTIFICACIÓN DE LA DECISIÓN

Cada solución debe ser redactada de tal forma que contenga al menos un sujeto, una acción y un objetivo. (**Acta de Confiabilidad**)

2.7.4. ANÁLISIS DE LA DECISIÓN

Para cada grupo de soluciones, se selecciona un porcentaje de éxito y el valor de la implementación, con el fin de calcular la reducción del riesgo con un plan de prevención como el mostrado en la Fig. 9. De igual forma se determina una prioridad para las diferentes soluciones con el fin de facilitar su implementación. Desechar las soluciones que no cumplen con los “debería”.

PLAN DE PREVENCIÓN

Prevenir problemas futuros que pueden resultar de la implementación de la solución.

- Qué puede ir mal?
- Qué problemas nuevos puede esto causar?
- Debo estar preocupado?

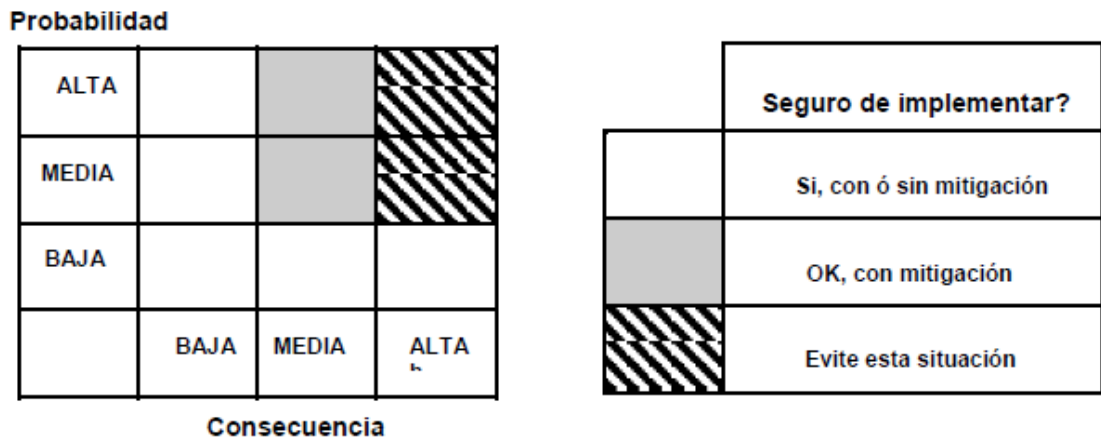


Figura 9. Plan de Prevención – Soluciones RCA

ANEXO C. ANÁLISIS WEIBULL

Para el análisis de distribución de fallas de algún Sistema, Sub-Sistema o comportamiento de parámetros de control de los motores, se implementara el software Weibull ++, el cual es el recomendado por la FAA con respecto al análisis de datos de vida.

Características del Weibull

- **Todos los Tipos de Datos:** El Weibull++ trabaja con todos los tipos de datos de vida, incluyendo, datos completos, censurados a la derecha (suspendidos), censurados a la izquierda o en intervalos de datos en Formato Libre, que pueden ser incorporados individualmente o en grupos. Dispone también de una interfaz para importar y tratar datos de registros de fallas /eventos.
- **Principales Distribuciones de Vida:** El Software utiliza varias distribuciones, incluyendo la distribución Weibull (con hasta tres parámetros), la Weibull Mixta, exponencial (con hasta dos parámetros), lognormal, normal, Gama generalizada, Gama, Logistic, Loglogistic, Gumbel y Weibull-Bayesiana. La prueba de adherencia testeará automáticamente el mejor ajuste para ayudarlo a definir la distribución más adecuada para su conjunto de datos.
- **Estimativa de los Parámetros y Cálculos:** En el Weibull++ es posible optar por dos métodos para estimar los parámetros de las distribuciones: Análisis de Regresión y Máxima Verosimilitud (MLE). Con base en los datos inseridos es posible calcular rápidamente algunos resultados como MTBF, Vida Bx y Tasa de Falla. Los límites de la confianza están disponibles para todos los parámetros y resultados calculados.
- **Gráficos e Informes Automatizados:** El software genera automáticamente todos los gráficos de Confiabilidad, que permite que usted haga incluso personalizaciones. Los gráficos están en formato metafile que pueden recibir anotaciones, ser utilizados en sus informes y presentaciones.

Tipos de Herramientas

Análisis de Degradación: Utilice los modelos Linear, Exponencial, Potencia, Logarítmico, Gompertz o Lloyd-Lipow para extrapolar los tiempos hasta falla de equipamientos basándose en su desempeño (degradación) a lo largo del tiempo.

Análisis de Garantía: Realice análisis de datos provenientes de retornos en garantía y haga proyecciones (forecast) para períodos futuros. Permite la entrada de datos en formato Nevada Chart (matriz de garantía), tiempos hasta falla y modos de falla.

Análisis de Datos de Vida No Paramétricos: Utilice las técnicas de Kaplan-Meier, Actuarial Simple o Actuarial Estándar para realizar el análisis de datos de vida no paramétricos.

Delineando Pruebas de Confiabilidad: Determine tamaños de muestra, duración de pruebas u otras variables para pruebas de demostración de la confiabilidad.

El análisis de Weibull también puede ser utilizado para la información contenida en el Trend Monitoring para una posible proyección del comportamiento de los motores. Pero esto dependerá de la información que se tenga acerca de los motores, y este análisis será realizado por el Ingeniero de Confiabilidad.

ANEXO D. ANÁLISIS DE PARETO

Herramienta avanzada genérica de mantenimiento para identificar, jerarquizar y comparar datos, con el fin de mostrar que elementos componen el tema que se está analizando.

Este permite, mediante una representación gráfica o tabular, conocida como diagrama de Pareto, identificar en una forma decreciente los aspectos que se presentan con mayor frecuencia o que tienen una ponderación o incidencia mayor.

ANÁLISIS ABC

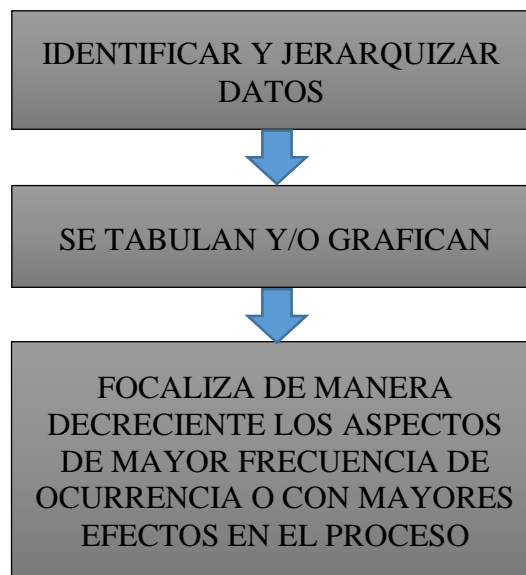


Figura 10. Análisis ABC

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- Aplicación del principio Pareto > Pocos visibles – muchos triviales. Conocido también como “regla 80/20”.
- Se centra las acciones sobre los pocos puntos VITALES, y se da poca menor importancia a los tantos asuntos TRIVIALES.
- Con una sola revisión puede identificar las situaciones que merecen mayor atención.

CONSTRUCCIÓN PASO A PASO DEL DIAGRAMA DE PARETO

Paso 1:

En el primer paso se decide la clase de problema que será investigado. Se define el cubrimiento del análisis, si se realiza a la flota, una línea o un sistema de cierto equipo. Se decide que datos serán necesarios y la forma de como clasificarlos. Este punto es fundamental, ya que se pretende preparar la información para facilitar su estratificación posterior.

Paso 2:

Revisar la información que se tiene en el sistema de recolección de datos. Preparar un plan para realizar las búsquedas (sort) y la clasificación de la información que se desea. Es en este punto cuando se puede realizar la estratificación de la información sugerida anteriormente.

Paso 3:

Clasificar en orden de magnitud la información obtenida. Se recomienda indicar con letras (A,B,C,...) los temas que se han ordenado.

Paso 4:

Dibujar dos ejes verticales (izquierdo y derecho) y otro horizontal.

(1) Eje vertical.

- En el eje vertical a la izquierda se marca una escala desde 0 hasta el total acumulado.
- En el eje vertical de la derecha se marca una escala desde 0 hasta 100%

(2) Eje horizontal.

Se divide este eje en un número de intervalos de acuerdo al número de clasificaciones que se pretende realizar. Es allí donde se escribirá el tipo de avería que se ha presentado en el equipo que se estudia.

Paso 5.

Construir el diagrama de barras.

Paso 6:

Marcar con un punto los porcentajes acumulados y unir comenzando desde cero cada uno de estos puntos con líneas rectas obteniendo como resultado la curva acumulada. A esta curva se le conoce como la curva de Lorentz.

Paso 7:

Escribir notas de información del diagrama como título, unidades, nombre de la persona que elaboró el diagrama, período comprendido y número total de datos.

Un diagrama de Pareto es el primer paso para eliminar las averías importantes del equipo. En todo estudio los siguientes aspectos se deben tener en cuenta:

- Toda persona involucrada deberá colaborar activamente.
- Concentrarse en la variable que mayor impacto produzca en la mejora.
- Establecer una meta para la mejora.

Con la cooperación de todos se podrán obtener excelentes resultados. Uno de los objetivos del Diagrama de Pareto es el de mostrar a todas las personas las áreas prioritarias en que se deben concentrar todas las actividades y el esfuerzo del equipo.

El Diagrama de Pareto presenta claramente la magnitud relativa de los problemas y suministra a los técnicos una base de conocimiento común sobre la cual trabajar (observar la Ilustración siguiente). Una sola mirada basta para detectar cuáles son las barras del diagrama que componen el mayor porcentaje de los problemas. La experiencia demuestra que es más fácil reducir a la mitad una barra alta que reducir una barra de reducida altura a cero.

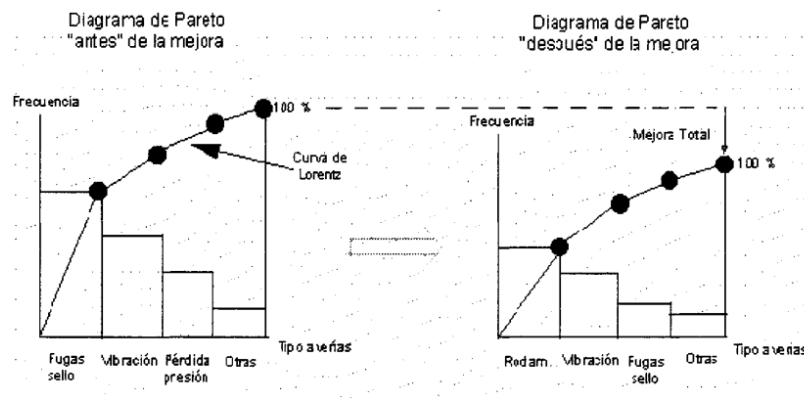


Figura 11. Pareto comparativo antes y después de la mejora

ANEXO E. LIMITES DE OPERACIÓN DEL MOTOR (PRATT & WHITNEY)

Hawker Beechcraft Corporation
Model C90GTi

Section 2
Limitations

ENGINE OPERATING LIMITS

The following limitations shall be observed. Each column presents limitations. The limits presented do not necessarily occur simultaneously. Refer to Pratt & Whitney Engine Maintenance Manual for specific actions required if limits are exceeded.

OPERATING CONDITION	SHP	TORQUE FT-LBS (1)	MAXIMUM OBSERVED ITT°C	GAS GENERATOR RPM N ₁		PROP RPM N ₂	OIL PRESS PSI (2)	OIL TEMP °C (3)
				RPM	%			
STARTING	—	—	1090 (4)	—	—	—	—	-40 (min)
LOW IDLE	—	—	685 (5)	—	—	1100 (min) (9)	40 (min)	-40 to 99
HIGH IDLE	—	—	—	—	72 (approx)	—	—	0 to 99
TAKEOFF AND MAX CONT	550	1520 (13)	805	38,100	101.5	1900 (12)	85 to 105	10 to 99
CRUISE CLIMB AND MAX CRUISE	550	1520 (6) (13)	805	38,100	101.5	1900 (12)	85 to 105	0 to 99
MAX REVERSE (7)	—	—	805	—	88	1825	85 to 105	0 to 99
TRANSIENT	—	1626 (10)	880 (4) (8)	38,500	102.6	2090	—	104 (11)

FOOTNOTES:

1. Maximum permissible sustained torque is 1520 ft-lbs. Propeller speeds (N₂) must be set so as not to exceed power limitation.
2. When gas generator speeds are above 72% N₁ and oil temperatures are between 60°C and 70°C, normal oil pressure is between 85 and 105 psi. Oil pressures between 40 and 85 psi are undesirable; they should be tolerated only for the completion of the flight, and then only at a reduced power setting. Oil pressures below 40 psi are unsafe; they require that either the engine be shut down, or that a landing be made at the nearest suitable airport, using the minimum power required to sustain flight.
3. For increased service life of engine oil, an oil temperature of between 74° to 80°C is recommended. A minimum oil temperature of 55°C is recommended for fuel heater operation at take-off power.
4. These values are time-limited to two seconds.
5. High ITT at ground idle may be corrected by reducing accessory load and/or increasing N₁ rpm.
6. Cruise torque values vary with altitude and temperature.
7. Reverse power operation is limited to one minute.

October, 2007

2-7