



# FUERZA AÉREA COLOMBIANA

ASÍ SE VA A LAS ESTRELLAS

Manual - FAC-4.2.2-R- Público

# Manual de Confiabilidad Aeronáutica

## - MACOA -

Segunda Edición 2020

**INTEGRIDAD - SEGURIDAD - HONOR - VALOR - COMPROMISO**



**VOLAMOS, ENTRENAMOS Y COMBATIMOS PARA VENCER**

REPÚBLICA DE COLOMBIA  
COMANDO FUERZA AÉREA COLOMBIANA



MANUAL  
FAC 4.2.2-T  
PÚBLICO

# MANUAL DE CONFIABILIDAD AERONÁUTICA (O-MACOA)

SEGUNDA EDICIÓN - 2020

IMPRESA Y PUBLICACIONES  
FUERZAS MILITARES REPÚBLICA DE COLOMBIA  
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

# Disposición

JEMFA	
SEMEP	
CAF	
JELOG	
DEAJU	

REPÚBLICA DE COLOMBIA

**FUERZA AÉREA COLOMBIANA**  
**DISPOSICIÓN NÚMERO**  
**( 0 4 0 ) DE 2020**      **10 NOV 2020**

Por la cual se aprueba el "MANUAL DE CONFIABILIDAD AERONÁUTICA" (MACOA) FAC-4.2.2-R (Público) Segunda Edición.

**EL COMANDANTE DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA**

En uso de la facultad legal consagrada en el artículo 1, numeral 26, literal c) del Decreto No. 1605 de 1988 de la Presidencia de la República, "REGLAMENTO DE PUBLICACIONES MILITARES" FF.MM,

**CONSIDERANDO**

Que el artículo 1º, numeral 26, literal c) del Decreto 1605 de 1988 de la Presidencia de la República, decreta que la aprobación de reglamentos o manuales de carácter particular, deben ser por disposición de la respectiva Fuerza.

Que la Jefatura Logística creó el "MANUAL DE CONFIABILIDAD AERONÁUTICA" (MACOA) FAC-4.2.2-R (Público) Segunda Edición, con el objeto de definir directrices, objetivos, procesos y políticas del Sistema de Confiabilidad Aeronáutica en la FAC, establecer instrucciones de forma clara y específica y proporcionar herramientas y referencias para el Área de Ingeniería y las Secciones de Confiabilidad de cada una de las bases de la Fuerza Aérea Colombiana.

En mérito de lo anteriormente expuesto.

**DISPONE:**

**ARTÍCULO 1º.** Apruébese el "MANUAL DE CONFIABILIDAD AERONÁUTICA" (MACOA) FAC-4.2.2-R (Público) Segunda Edición, el cual se identificará así:

MANUAL  
FAC-4.2.2-R  
PÚBLICO  
MACOA

**ARTÍCULO 2º.** Las observaciones a que dé lugar la aplicación del Manual de Confiabilidad Aeronáutica, deben ser presentadas al Comando de la Fuerza, a fin de estudiarlas y tenerlas en cuenta para posteriores ediciones, en la forma que establece el Reglamento de Publicaciones Militares FF.MM. 3-1 Público y los procedimientos establecidos por la FAC.

**ARTÍCULO 3º.** El Comando Fuerza Aérea dispondrá la edición del Manual aprobado en virtud de la presente disposición.

**ARTÍCULO 4º.** La presente disposición rige a partir de la fecha de su expedición y deroga todas las disposiciones contrarias sobre la materia.

**COMUNIQUESE Y CÚMPLASE.**

Dada en Bogotá D.C., a los,      **10 NOV 2020**

**EL COMANDANTE DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA,**

General RAMSÉS RUEDA RUEDA

Reviso: SUAJE CT. TORRES CAMILO

VoBo: SECAL(E) CT. TORRES CAMILO

## Sumario de actualizaciones

No.	Descripción
1	18 DIC 2014 - Manual que reemplaza todos los documentos doctrinales de confiabilidad emitidos por DIMAN-SUCOA
2	18 JUL 2020 - Actualización de todos los capítulos del manual con el fin de alinearlos al proceso de transformación de la Fuerza
3	
4	
5	
6	
7	

## Evolución del manual MACOA FAC-4.2.2

Edición	Año	Sigla	Nombre	Clasificación / Calificación
1ra.	2014	MACOA	Manual de Confiabilidad Aeronáutica	Publico
2da.	2020	MACOA	Manual de Confiabilidad Aeronáutica	Publico
3ra.				
4ta.				
5ta.				

## Glosario de siglas

AING	Área de Ingeniería
APM	Asset Performance Management
DESOP	Departamento de Seguridad Operacional
DILOA	Dirección de Logística Aeronáutica
DOD	Department of Defense
DOT	Department of Transportation
EMI	Electro Magnetic Interference
ERP	Enterprise Resource Planning
FAC	Fuerza Aérea Colombiana
GRUTE	Grupo Técnico Unidad Aérea
HSI	Hot Section Inspection
IDEF	Integration Definition for Function Modeling
IEC	Informe de Evento Crítico
JELOG	Jefatura Logística
KPI	Key Performance Indicator
MAMAE	Manual de Mantenimiento Aeronáutico
MI	Mantenimiento imprevisto
MP	Mantenimiento programado
MTBF	Mean Time Between Failure
MTBUR	Mean Time Between Unschedule Removals
MTTF	Mean Time To Failure
MTTR	Mean Time To Repair
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NASO	Nivel Aceptable de Seguridad Operacional
NDI	Non Destructive Test
PEF	Plan Estratégico Funcional
PEI	Plan Estratégico Institucional
RAE	Reunión de Análisis Estratégico
RBD	Reliability Block Diagrams
RCA	Root Cause Analysis
RCM	Reliability Centered Maintenance

SAP	Software Application & Planning
SECAL	Sección Calidad
SECOA	Sección de Confiabilidad Aeronáutica
SEDYE	Sección de Direccionamiento y Evaluación
SUMAN	Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento
TBF	Tiempos entre fallas
TBO	Tiempo entre Overhaul
TTF	Tiempos para fallar

## Tabla de Contenido

Disposición .....	i
Sumario de actualizaciones .....	ii
Evolución del manual MACOA FAC-4.2.2 .....	ii
Glosario de siglas.....	iii
Tabla de Contenido.....	v
Índice de figuras .....	x
Introducción.....	xiii
0.1. Objeto.....	xiii
0.2. Alcance .....	xiii
0.3. Responsabilidad .....	xiii
0.4. Justificación .....	xiv
Parte I. Generalidades del manual de confiabilidad .....	1-1
Capítulo 1. Sistema del manual de confiabilidad.....	1-2
1.1. Formato .....	1-2
1.2. Cambios actualizaciones y discrepancias. ....	1-3
Capítulo 2. Plataforma estratégica de confiabilidad en la FAC ....	2-1
2.1 Política del sistema de confiabilidad para mantenimiento aeronáutico.....	2-3
2.2 Visión del sistema de confiabilidad para mantenimiento aeronáutico.....	2-3
2.3 Misión del sistema de confiabilidad para mantenimiento aeronáutico.....	2-3
2.4 Objetivos de la confiabilidad aeronáutica de la FAC .....	2-3
2.4.1 General .....	2-3
2.4.2 Específicos .....	2-4
2.5 Principios y valores .....	2-4
2.6 Plan estratégico de confiabilidad ROAD MAP.....	2-4

2.6.1 Objetivo Estratégico No. 1.....	2-5
2.6.2 Objetivo Estratégico No. 2.....	2-5
2.6.3 Objetivo Estratégico No. 3.....	2-6
2.6.4 Objetivo Estratégico No. 4.....	2-6
Capítulo 3. Proceso de confiabilidad en la FAC .....	3-1
3.1 Subprocesos de confiabilidad .....	3-1
3.1.1 Gestión de Información.....	3-2
3.1.2 Análisis de Confiabilidad.....	3-2
3.1.3 Evaluación y Seguimiento .....	3-2
3.2 Entradas .....	3-1
3.2.1 Información de Fallas .....	3-1
3.2.2 Información Operacional .....	3-1
3.2.3 Información de Equipos de Monitoreo .....	3-1
3.3.4 Solicitudes Externas.....	3-1
3.3.5 Soportes Técnicos .....	3-1
3.3.6 Soporte de Ingeniería .....	3-2
3.3.7 Planes de Acción Establecidos.....	3-2
3.3.8 Reportes de Cumplimiento de los Planes de Acción ....	3-2
3.3 Controles.....	3-2
3.4 Recursos.....	3-3
3.5 Flujos de información.....	3-3
3.6 Salidas.....	3-4
Parte II. Información De Confiabilidad.....	3-1
Capítulo 4. Gestión de la información .....	4-2
4.1 Plataforma de confiabilidad APM .....	4-1
4.2 Información de fallas y eventos de mantenimiento .....	4-1
4.3 Informe de evento crítico.....	4-2
4.4 Solicitudes de información .....	4-2

4.5 Forma FAC4-282T-1 .....	4-2
4.6 ERP SAP.....	4-2
Capítulo 5. Procedimientos para la gestión de la información.....	5-1
5.1 Gestión de la información en APM .....	5-1
5.2 Gestión de indicadores en APM .....	5-2
5.3 Generación de tablas de datos y migración a excel .....	5-5
5.4 Búsquedas en APM .....	5-5
5.5 Creación de querys en APM.....	5-6
5.6 Gestión de indicadores.....	5-7
5.6.1 Disponibilidad.....	5-7
5.6.2 Confiabilidad de Despacho .....	5-8
5.6.3 MTBUR .....	5-8
5.6.4 MTTR .....	5-9
5.6.5 MTBF.....	5-9
5.6.6 Confiabilidad.....	5-9
5.7 Desarrollo de diagramas de Pareto en APM.....	5-10
5.8 Monitoreo al mantenimiento imprevisto .....	5-12
5.8.1 Falla Recurrente .....	5-13
Parte III. Análisis de confiabilidad.....	5-1
Capítulo 6. Instrucciones preliminares de análisis de confiabilidad 6-2	
6.1 Generalidades del proceso de análisis .....	6-3
6.1.1 Verificación de alarmas .....	6-4
6.1.2 Estudio de viabilidad y oportunidad .....	6-4
6.1.3 Aplicación de la Técnica de Análisis .....	6-4
Capítulo 7. Herramientas y técnicas de análisis de confiabilidad .	7-1
1.1.1. 7.6.5 Efectos de la Falla .....	7-25
Parte IV: Evaluación Y Seguimiento De Confiabilidad.....	7-1

---

Capítulo 8. Evaluación y seguimiento de las recomendaciones....	8-2
8.1 Objetivo .....	8-2
8.2 Propósito .....	8-2
8.3 Proceso de evaluación y seguimiento .....	8-3
8.4 Generación de las recomendaciones .....	8-2
8.4.1 Título de la Recomendación .....	8-2
8.4.2 Descripción de la Recomendación .....	8-2
8.4.3 Bases de la Recomendación .....	8-3
8.5 Planeación de las recomendaciones emitidas por un análisis	8-5
8.6 Implementación de las recomendaciones .....	8-6
8.7 Seguimiento de la implementación.....	8-6
8.8 retroalimentación de la implementación.....	8-7
8.9 Evaluación de las recomendaciones emitidas por un análisis	8-7
Parte V. Informe mensual de confiabilidad.....	8-1
Capítulo 9. Informe de confiabilidad .....	9-2
9.1 Objetivo .....	9-2
9.2 Propósito .....	9-2
9.3 Descripción del informe mensual de confiabilidad .....	9-3
9.4 Finalidad del informe mensual de confiabilidad .....	9-3
9.5 Entregables y fechas del informe mensual de confiabilidad	9-4
9.6 Instrucciones para el registro de datos en el aplicativo APM	9-5
9.6.1 Registro y almacenamiento de datos .....	9-5
9.6.2 Cálculo del Indicador en el Archivo de Excel.....	9-19
9.6.3 Indicadores Automáticos .....	9-20
9.7 Información a incluir en el informe mensual de confiabilidad	9-20

9.7.1 Indicadores Claves de Desempeño .....	9-20
9.7.2 Comparativo MTBF flotas últimos dos años.....	9-21
9.7.3 Resumen de análisis de confiabilidad.....	9-22
9.7.4 Porcentaje de Avance de los Análisis en Estado de Desarrollo y en Revisión .....	9-23
9.8 Evaluación y seguimiento.....	9-23
ANEXO A. Normas para la presentación del informe mensual .....	i
A. Portada .....	i
B. Grafico MTBF flotas últimos 2 años .....	ii
C. Recomendación para la mejora del MTBF .....	ii
D. Resumen general de KPI y sustentación de indicadores por fuera de límites.....	iii
E. Cuadro de control de análisis.....	iii
F. Cuadro de control de recomendaciones.....	iv
ANEXO B. Instructivo para el diligenciamiento de la forma FAC4- 216T “Informe de evento crítico” .....	i
ANEXO C. Instructivo para el diligenciamiento de la forma FAC4- 217T “Informe de análisis de evento” .....	i
ANEXO D. Instructivo para el manejo y diligenciamiento de la forma FAC4-218T “Control de eventos críticos” .....	i
ANEXO E. Instructivo para el manejo y diligenciamiento de la forma FAC4-220T “Control de análisis de eventos” .....	i
ANEXO F. Instructivo para el diligenciamiento de la forma FAC4- 221T “Informe análisis nivel II” .....	i
ANEXO G. Procedimiento de soporte técnico del aplicativo APM .	i
Glosario .....	i
Referencias .....	i

## Índice de figuras

Figura 1. Mapa Estratégico de confiabilidad .....	2-1
Figura 2. Modelo flujo de trabajo IDEF.....	3-3
Figura 3. Diagrama IDEF Proceso de Confiabilidad Aeronáutica FAC .....	3-1
Figura 4. Proceso inicia - Gestión de Información.....	4-1
Figura 5. APM - Meridium - Página de inicio personalizada .....	5-3
Figura 6. APM – Meridium criterios para la consulta.....	5-4
Figura 7. Meridium – MTBF Aeronaves KFIR 2019-01 .....	5-4
Figura 8. Meridium –Tabla de datos gráfica MTBF Aeronaves KFIR 2019-01 .....	5-5
Figura 9. Meridium - Query Pareto fallas aeronave.....	5-11
Figura 10. Meridium - Pareto fallas por sistema FAC3105 .....	5-12
Figura 11. Primer parámetro de falla recurrente .....	5-14
Figura 12. Segundo parámetro de falla recurrente .....	5-14
Figura 13. Segundo parámetro de falla recurrente .....	5-14
Figura 14. Diagrama de flujo - proceso de análisis de confiabilidad .....	6-5
Figura 15. Ejemplo de codificación de las unidades .....	6-16
Figura 16. Código de las unidades .....	6-16
Figura 17. Ejemplo de codificación de análisis Nivel 2.....	6-17
Figura 18. Símbolos del Árbol de Falla .....	7-6
Figura 19. Esquema del árbol lógico de falla.....	7-7
Figura 20. Ejemplo de tabla de datos para Weibull .....	7-12
Figura 21. Ejemplo distribución de Weibull .....	7-13
Figura 22. Ejemplo análisis de Crow Amssa .....	7-15
Figura 23. Ejemplo datos ordenados .....	7-18
Figura 24. Ejemplo diagrama de Pareto .....	7-18
Figura 25. Ejemplo de diagrama de un sistema simple RBD.....	7-20
Figura 26. Ejemplo de simulación de confiabilidad del sistema.	7-21
Figura 27. Definición de análisis RCM.....	7-22
Figura 28. Ejemplo de funciones del equipo a analizar .....	7-23
Figura 29. Ejemplo de falla funcional .....	7-24
Figura 30. Ejemplo de modos de Falla.....	7-25
Figura 31. Ejemplo de efectos de falla.....	7-26

Figura 32. Ejemplo de recomendaciones .....	7-28
Figura 33. Ejemplo de diagrama IDEF .....	7-30
Figura 34. Nivel intermedio de modelamiento.....	7-31
Figura 35. Proceso final - Gestión de evaluación y seguimiento ..	8-1
Figura 36. Flujograma del proceso de evaluación y seguimiento .	8-1
Figura 37. Icono APM framework .....	9-5
Figura 38. Meridium - Inicío de sesión de APM.....	9-6
Figura 39. Meridium - Página de inicio .....	9-6
Figura 40. Meridium - Buscar.....	9-6
Figura 41. Búsqueda simple.....	9-7
Figura 42. Meridium - Resultados de la búsqueda simple .....	9-7
Figura 43. Meridium - Ejemplo Gestión de registros, datos de Confiabilidad.....	9-8
Figura 44. Meridium - Ejemplo Gestión de registros, Confiabilidad de despacho .....	9-9
Figura 45. Ejemplo de aplicación - mes de enero .....	9-12
Figura 46. Ejemplo de aplicación - mes de febrero.....	9-13
Figura 47. Ejemplo de aplicación - mes de marzo .....	9-14
Figura 48. Ejemplo de aplicación - mes de abril.....	9-15
Figura 49. Ejemplo de aplicación - mes de mayo .....	9-17
Figura 50. Ejemplo de aplicación - mes de junio.....	9-18
Figura 51. Ejemplo registro de información mensual en Excel ..	9-19
Figura 52. Ejemplo del cuadro de resumen de indicadores.....	9-21
Figura 53. Ejemplo Comparativo MTBF en los equipos de CACOM-3.....	9-22
Figura 58. Cuadro de porcentaje de avance de los análisis.....	9-23
Figura 60. Datos requeridos para las recomendaciones .....	9-25
Figura 61. Portada informe mensual de Confiabilidad .....	i
Figura 62. MTBF por flota últimos dos años .....	ii
Figura 63. Formato recomendación informe mensual .....	ii
Figura 64. Cuadro de resumen de indicadores .....	iii
Figura 65. Sustentación de los indicadores .....	iii
Figura 66. Tabla resumen avances análisis de confiabilidad .....	iv
Figura 67. Cuadro de resumen recomendaciones del año .....	v
Figura 68. Página inicial forma FAC4-216T .....	i
Figura 69. Ejemplo diligenciamiento forma FAC4-216T.....	iv
Figura 70. Portada forma FAC4-217T .....	i

Figura 71. Codificación de los eventos críticos .....	ii
Figura 72. Forma FAC4-218T .....	iii
Figura 73. Forma FAC4-220T .....	vii
Figura 74. Página inicial forma FAC4-221T .....	i
Figura 75. Diagrama de flujo soporte APM.....	i

## Introducción

### 0.1. Objeto

Este documento define directrices, objetivos, procesos y políticas del Sistema de Confiabilidad Aeronáutica en la FAC, también establece instrucciones de forma clara y específica, y proporciona herramientas y referencias para que el Área de Ingeniería - Confiabilidad Aeronáutica de CAF-JELOG-DILOA-SUMAN y las Secciones de Confiabilidad (SECOA) de cada una de las bases de la Fuerza Aérea Colombiana, desarrollen su gestión de forma dinámica y efectiva, mediante la implementación de la confiabilidad aeronáutica. Así mismo, estandariza todos los formatos de informes y controles utilizados por cada una de las actividades propias de las dependencias de confiabilidad.

Este es un documento dinámico que se constituye en la base doctrinal para realizar confiabilidad en la FAC, con el ánimo de mejorar continuamente, cualquier comentario, duda o propuesta deberá ser elevada a la Dirección de Logística Aeronáutica del CAF-JELOG, con oficio remitatorio.

### 0.2. Alcance

El presente documento aplica al Área de Ingeniería - Confiabilidad, Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento de la Jefatura Logística y a todas las Secciones de Confiabilidad de cada uno de Grupos y Escuadrones Técnicos en todas las Unidades de la Fuerza Aérea Colombiana.

Lo contenido en este documento de doctrina es autoritativo, es decir, es aceptado y aprobado oficialmente por la Fuerza Aérea Colombiana. La doctrina expresada en el presente Manual será seguida excepto, cuando a juicio del comandante y circunstancias excepcionales indiquen lo contrario.

### 0.3. Responsabilidad

El presente MANUAL fue desarrollado por el Área de Ingeniería - Confiabilidad Aeronáutica de la Subdirección de Ingeniería y

mantenimiento, siguiendo las directrices establecidas por la Fuerza Aérea Colombiana para la gestión de la doctrina y los documentos que de ella se generasen.

Sobre la FAC y específicamente sobre JELOG-DILOA-SUMAN- AING-CONFIABILIDAD, recae la responsabilidad del contenido aquí expresado, así como la difusión, evaluación y actualización de esta doctrina.

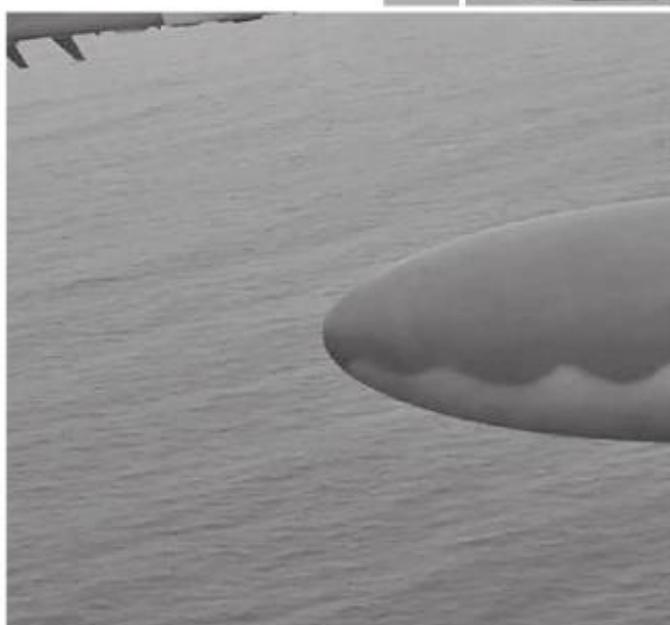
#### **0.4. Justificación**

En el año 2006 inició el Sistema de Confiabilidad dentro de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), cuyo objetivo fue desarrollar, implementar y establecer Confiabilidad aeronáutica a nivel del Comando de la Fuerza y en los Grupos Técnicos de la Unidades Aéreas (GRUTE). Actualmente, la dependencia que continúa desarrollando el Sistema de Confiabilidad es el Área de Ingeniería – Confiabilidad de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, la cual forma parte de la Dirección de Logística Aeronáutica de JELOG y tiene sus pares en las Secciones de Confiabilidad de los diferentes Grupos Técnicos (GRUTE).

La Confiabilidad Aeronáutica de la FAC, consecuente con los objetivos planteados por la Fuerza Aérea Colombiana en su Plan Estratégico Institucional, en su Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial, en el cumplimiento de la misión y doctrina existente para el mantenimiento aeronáutico de la FAC y de otras organizaciones a nivel militar y civil, plantea sus políticas, procesos e instrucciones en este manual, siempre tendiendo a cumplir los objetivos planteados en el Plan Estratégico Funcional (PEF).

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

# Parte I. Generalidades del manual de confiabilidad



PRIMERA PARTE

GENERALIDADES  
DEL MANUAL DE  
CONFIABILIDAD



## **Capítulo 1. Sistema del manual de confiabilidad**

### **1.1. Formato**

El manual de Confiabilidad aeronáutica se publica en hojas blancas tamaño carta, impresas a una cara, la división y numeración de páginas, párrafos y ordinales será de la siguiente forma:

- a) El manual de Confiabilidad está estructurado en partes, capítulos y subdivisiones.
- b) Cada parte y capítulo deben empezar en una nueva página.
- c) La numeración de las partes es en números cardinales iniciando en 1.

d) La numeración de páginas se realiza con números corridos que indican el orden y cantidad de páginas efectivas en cada parte del Manual de Confiabilidad.

e) La numeración de capítulos es en números cardinales iniciando en 1 y de manera continua para todo el Manual de Confiabilidad, sin iniciar en cada una de las partes.

f) Las subdivisiones de los capítulos llevarán el número del capítulo, el ordinal seguido con el número de orden correspondiente sin superar el cuarto nivel (EJ: 1.1, 1.2, 1.2.1).

g) El Manual de Confiabilidad cumple con la norma APA.

h) El manual de Confiabilidad está dividido en cinco partes, 9 capítulos y anexos.

Copia digital del Manual de Confiabilidad estará disponible en la Biblioteca Virtual FAC para su consulta e impresión.

## **1.2. Cambios actualizaciones y discrepancias.**

En el evento que un funcionario de la Fuerza Aérea Colombiana encuentre discrepancias o inconsistencias y estime necesario se deba realizar variaciones en los aspectos establecidos en el Manual de Confiabilidad o tenga observaciones con sustento técnico o simplemente para optimizar las normas, deberá tramitar por intermedio del funcionario de reglamentación y doctrina de la Sección de Calidad y siguiendo el debido conducto regular por intermedio del Comando de la Unidad correspondiente, la observación debidamente sustentada a la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, explicando en forma clara, precisa y sustentada técnicamente los cambios y/o modificaciones que sean necesarias efectuar

Siendo el Manual de Confiabilidad una publicación dinámica, es importante implementar un sistema que permita su actualización permanente. Por tal motivo, se emiten los siguientes criterios:

- 
- a. El original de esta edición del Manual de Confiabilidad se numerará como actualización 0 y las siguientes se numerarán en orden cronológico comenzando en 1, cada actualización se identificará con su correspondiente número y fecha básica de emisión, la cual debe aparecer en cada una de las páginas de esta, en la parte inferior izquierda.
  - b. Las propuestas de cambio, modificación o ampliación del Manual de Confiabilidad, deben ser canalizadas por las secciones de calidad de los Grupos Técnicos de la Fuerza Aérea Colombiana y las mismas deben ser puestas en consideración de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento para su evaluación y Definición sobre su aplicación, deben estar debidamente sustentadas y firmadas por la persona que propone, la persona que revisa (Reglamentación y Doctrina del Grupo Técnico) y el visto bueno de su Comandante respectivo.
  - c. Todo cambio aprobado se publicará por SUMAN en la Biblioteca Virtual FAC quien lo oficializará mediante oficio circular a los interesados. Las Secciones de Confiabilidad o quien haga sus veces en los Grupos y Escuadrones Técnicos de cada Unidad Aérea y Escuela de Formación, deberán imprimir los cambios y distribuirlos y controlar su inserción en los Manuales correspondientes, las hojas que se actualicen deben ser reemplazadas y la hoja de actualizaciones y listado de distribución debe ser diligenciado.
  - d. Los cambios se identificarán con una línea vertical color negro en el margen izquierdo de los párrafos afectados. Si en razón a un cambio aumentan las hojas del Manual, las nuevas hojas se numerarán conservando el número de la página cambiada y una letra en mayúscula en orden, de acuerdo con el número de páginas a insertar.
  - e. Las hojas cambiadas se retirarán y se destruirán.



## Capítulo 2. Plataforma estratégica de confiabilidad en la FAC

La estrategia de la Fuerza Aérea Colombiana, consignada en el Plan Estratégico Institucional, incluye el concepto operacional que orienta todas las acciones de la Fuerza, el nuevo sistema de gestión y la reestructuración funcional de la Institución para cumplir con la misión y alcanzar la visión consignada.

Alineado a las políticas de direccionamiento estratégico y al desarrollo del objetivo No 1 **“Fortalecer la capacidad operacional, para ejercer y mantener el dominio del espacio aéreo, disuadir la amenaza, derrotar al enemigo y contribuir al logro de los fines del estado”**, el AING - Confiabilidad, ha desarrollado un plan estratégico para el mantenimiento aeronáutico, trazando un norte y una hoja de ruta (Road Map) en el periodo 2020-2042 con unos

objetivos claros, medibles y alcanzables, buscando satisfacer las necesidades de la Fuerza Aérea Colombiana en materia de análisis de confiabilidad, con el fin de mitigar, eliminar o reducir las fallas y restricciones que afectan la disponibilidad de las aeronaves, sus sistemas y componentes a través de la mejora continua de los programas de mantenimiento.

La estrategia traza retos centrados en liderazgo, promoción y actualización del conocimiento, desarrollo de las mejores prácticas, entendimiento del entorno, gestión del cambio y, sobre todo, en cumplir e innovar con los más altos estándares, apoyados en proyectos inherentes a la confiabilidad a nivel institucional y a nivel nacional en el sector aeronáutico.

Confiabilidad aeronáutica apoya, a través del despliegue del plan, el desarrollo de estándares, procedimientos y mejores prácticas en materia de mantenimiento aeronáutico, basándose en los valores compartidos de seguridad operacional, integridad, trabajo en equipo y excelencia.

Finalmente, el objetivo de Confiabilidad se logra:

- a. Identificando lo importante y crítico, incluyendo el riesgo e impacto, para la gestión del mantenimiento, orientado hacia la disponibilidad y seguridad operacional de las aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana.
- b. Desarrollando una estrategia y una gestión de activos orientada a resultados y efectos.
- c. Gestionando una adecuada información, capturando datos esenciales de desempeño de componentes, sistemas y aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana.
- d. Analizando información con experiencia, método y evidencias.
- e. Evaluando y reevaluando cómo eliminar defectos y fallas con repercusiones de consecuencia para las operaciones de la Fuerza Aérea Colombiana.

## **2.1 Política del sistema de confiabilidad para mantenimiento aeronáutico**

Es política de Confiabilidad para mantenimiento aeronáutico, estructurar, implementar, mantener y mejorar de forma continua la estrategia, procesos, subprocesos y procedimientos, con el propósito de garantizar y orientar todas las actividades inherentes de Confiabilidad, para alcanzar un alto nivel de efectividad y seguridad operacional en el funcionamiento de los componentes, sistemas y equipos de todas las aeronaves, durante el desarrollo de las diferentes misiones y operaciones tipo de la Fuerza Aérea Colombiana.

## **2.2 Visión del sistema de confiabilidad para mantenimiento aeronáutico**

Liderar la Confiabilidad para el mantenimiento aeronáutico en el país, con el mejor talento humano, las mejores prácticas y estándares de clase mundial.

## **2.3 Misión del sistema de confiabilidad para mantenimiento aeronáutico**

Recolectar, organizar, analizar información relacionada con fallas y eventos críticos en los componentes y sistemas de las aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana para orientar, mediante recomendaciones, las soluciones y correcciones de las causas. Confiabilidad soporta la toma de decisiones para la gestión del mantenimiento aeronáutico en función de garantizar la aeronavegabilidad continuada y la seguridad operacional en el cumplimiento de las misiones y operaciones tipo.

## **2.4 Objetivos de la confiabilidad aeronáutica de la FAC**

### **2.4.1 General**

Mejorar la Confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana, a través de la reducción de fallas, mejora continua y actualización de los programas de

---

mantenimiento aeronáutico, orientados por una gestión y gerencia de mantenimiento efectiva.

### **2.4.2 Específicos**

- a. Identificar lo importante y crítico, incluyendo el riesgo e impacto, para la gestión del mantenimiento orientado hacia la disponibilidad y seguridad operacional de las aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana.
- b. Desarrollar una estrategia y una gestión de activos orientada a resultados y efectos.
- c. Gestionar una adecuada información, capturando datos esenciales de desempeño de componentes, sistemas y aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana.
- d. Analizar información con experiencia, método y evidencias.
- e. Evaluar cómo eliminar defectos y fallas con repercusiones de consecuencia para las operaciones de la Fuerza Aérea Colombiana.

## **2.5 Principios y valores**

De acuerdo a lo relacionado en el Plan Estratégico Institucional y el Código de Ética Militar Aérea, un principio es una norma o idea fundamental e incuestionable que rige el pensamiento y la conducta. Es una verdad fundamental que inspira y motiva la actuación humana.

Los principios que adopta el personal que participa en el Sistema de Confiabilidad Aeronáutica corresponden a los principios, valores y virtudes fundamentales de la actuación ética en la FAC que se encuentran establecidos en el Código de Ética Militar Aérea.

## **2.6 Plan estratégico de confiabilidad ROAD MAP**

El Sistema de Confiabilidad ha desarrollado su estrategia basada en efectos deseados en la organización de mantenimiento aeronáutico de

la FAC y se constituye en la ruta a seguir en línea con el Plan estratégico Institucional.

Este ROAD MAP identifica un efecto final esperado que será alcanzado mediante el cumplimiento de 4 objetivos estratégicos y 14 Específicos; los cuales generan un listado de tareas y entregables que deberán ser cumplidos por el personal del AING - Confiabilidad y de las SECOA.

### **2.6.1 Objetivo Estratégico No. 1**

Fortalecer las capacidades de Confiabilidad mediante la evolución y la mejora continua de la doctrina.

- a. Fortalecer los procesos y procedimientos.
- b. Desplegar la estrategia y mejorar la gestión de forma continua.
- c. Desarrollar y actualizar la doctrina de confiabilidad, tendientes a la aplicación de las mejores prácticas de clase mundial.
- d. Integrar la gestión del riesgo y de los activos al mantenimiento aeronáutico, con el fin de contribuir a mejorar la seguridad operacional de la FAC.

### **2.6.2 Objetivo Estratégico No. 2**

Desarrollo del Talento Humano orientado a las necesidades de Confiabilidad para el mantenimiento aeronáutico.

- a. Fortalecer y garantizar la educación y el entrenamiento en Confiabilidad para el talento humano que integra el nivel central AING-Confiabilidad y las SECOA, con elevados estándares de calidad e impacto, acorde con las necesidades institucionales.
- b. Fomentar la gestión y evaluación por competencias del talento humano que integra confiabilidad.
- c. Promover el bienestar y la motivación para el talento humano que integra Confiabilidad.

- d. Fortalecer la identidad y el sentido de pertenencia institucional a través de la proyección y plan de carrera del talento humano que integra Confiabilidad.

### **2.6.3 Objetivo Estratégico No. 3**

Mejorar, actualizar y mantener la infraestructura, tecnología, hardware, software y sistemas de información, acorde con las necesidades y capacidades de Confiabilidad para el mantenimiento aeronáutico (Capacidad Instalada).

- a. Garantizar la eficacia en el uso del ERP adoptado por la FAC, para atender las necesidades de confiabilidad.
- b. Adquirir y/o soportar las herramientas tecnológicas y sistemas de información pertinentes para mejorar la gestión de Confiabilidad y del mantenimiento aeronáutico.

### **2.6.4 Objetivo Estratégico No. 4**

Responsabilidad social y administrativa.

- a. Promover la responsabilidad social y legal.
- b. Promover la responsabilidad sobre preservación del medio ambiente.
- c. Promover y ejercer la responsabilidad administrativa bajo los principios de agilidad y transparencia.
- d. Integrar y promover los derechos humanos en la doctrina de Confiabilidad.

MAPA ESTRATÉGICO DE CONFIABILIDAD.		
Plan Estratégico Institucional	Objetivo Institucional	
PLAN ESTRATÉGICO DEL SISTEMA DE CONFIABILIDAD PARA MANTENIMIENTO AERONÁUTICO ROAD MAP 2020-2042	Objetivo Institucional	*Fortalecer la capacidad operacional, para ejercer y mantener el dominio del espacio aéreo, disuadir la amenaza, derrotar al enemigo y contribuir al logro de los fines del estado
	Efecto Final Esperado	Mejorar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana, a través de la reducción de fallas, mejora continua y actualización de los programas de mantenimiento aeronáutico orientados por una gestión y gerencia de mantenimiento efectiva.
	OBJETIVO ESTRATÉGICO No1	Fortalecer las capacidades de confiabilidad mediante la evolución y mejora continua de la doctrina
		1.1. Fortalecer los procesos y procedimientos.
		1.2. Desplegar la estrategia y mejorar la gestión de forma continua.
		1.3. Desarrollar y actualizar la doctrina de confiabilidad, tendiente a la aplicación de las mejores prácticas de clase mundial.
		1.4. Integrar la gestión del riesgo y de los activos al mantenimiento aeronáutico, con el fin de contribuir a mejorar la seguridad operacional de la Fuerza.
	OBJETIVO ESTRATÉGICO No2	Desarrollo del Talento Humano orientado a las necesidades de confiabilidad para el mantenimiento aeronáutico
		2.1. Fortalecer y garantizar la educación y el entrenamiento en confiabilidad para el talento humano que integra el Sistema de Confiabilidad, con elevados estándares de calidad e impacto, acorde a las necesidades institucionales.
		2.2. Fomentar la gestión y evaluación por competencias del talento humano que integra confiabilidad.
	2.3. Promover el bienestar y la motivación para el talento humano que integra confiabilidad.	
	2.4. Fortalecer la identidad y el sentido de pertenencia institucional a través de la proyección y plan de carrera del talento humano que integra confiabilidad.	
OBJETIVO ESTRATÉGICO No3:	Mejorar, actualizar y mantener la infraestructura, tecnología, hardware, software y sistemas de información, acorde con las necesidades y capacidades de Confiabilidad para el mantenimiento aeronáutico (Capacidad Instalada).	
	3.1. Garantizar la eficacia en el uso del E.R.P adoptado por la FAC, para atender las necesidades de confiabilidad.	
	3.2. Adquirir y/o soportar herramientas tecnológicas y sistemas de información pertinentes para mejorar la gestión de confiabilidad y del mantenimiento aeronáutico.	
OBJETIVO ESTRATÉGICO No4	Responsabilidad social y administrativa	
	4.1. Promover la responsabilidad social y legal.	
	4.2. Promover la responsabilidad sobre preservación del medio ambiente.	
	4.3. Promover y ejercer la responsabilidad administrativa bajo los principios de agilidad y transparencia.	
	4.4. Integrar y promover los derechos humanos en la doctrina de confiabilidad	

Figura 1. Mapa Estratégico de confiabilidad

Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING



## Capítulo 3. Proceso de confiabilidad en la FAC

La Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento estableció el proceso de confiabilidad aeronáutica como herramienta de análisis para el mantenimiento aeronáutico, con el fin de garantizar que las aeronaves y sus componentes realicen sus funciones durante las misiones aéreas dentro de los diversos contextos operacionales típicos de la Fuerza Aérea, asegurando los más altos niveles de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad operacional.

El proceso de confiabilidad aeronáutica, permite analizar de forma permanente la relación del mantenimiento con el área operacional y el impacto de la gestión organizacional, para identificar tendencias adversas y causas de fallas físicas en las aeronaves, las cuales disminuyan de forma considerable la disponibilidad y confiabilidad, además de afectar de manera negativa el NASO de la FAC.

### 3.1 Subprocesos de confiabilidad

Los componentes fundamentales del proceso de Confiabilidad Aeronáutica (subprocesos) son:

### **3.1.1 Gestión de Información**

Este componente recolecta, organiza, prioriza e identifica información referente a aeronaves, sistemas, componentes, operaciones y mantenimiento; con la finalidad de permitir su análisis.

### **3.1.2 Análisis de Confiabilidad**

Este componente realiza el análisis de los datos del mantenimiento y operación. El objetivo es identificar deficiencias que requieran acciones correctivas. El análisis debe efectuarse para incrementar los niveles de disponibilidad y confiabilidad de los equipos mediante la aplicación de técnicas y métodos propios de la ingeniería de confiabilidad.

### **3.1.3 Evaluación y Seguimiento**

Este componente debe realizar el seguimiento a la implementación de recomendaciones para poder Identificar si realmente existe un aumento de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos aeronáuticos de la Fuerza Aérea Colombiana.

Organizacionalmente, estos tres componentes conforman el área central de Confiabilidad en SUMAN y a las SECOA en las Unidades aéreas, cada una de las secciones con sus funciones y responsabilidades bien establecidas se encuentran en el MAMAE partes 3 y 6.

Los tres componentes del proceso interactúan a través de una serie de entradas y salidas que en su conjunto se constituyen en la manera de trabajar de confiabilidad y las SECOA estableciendo tareas, actividades, informes y un conjunto de normas y estándares a seguir.

Confiabilidad de SUMAN, conformó y diseñó el flujo de trabajo de este proceso a través de un modelo de representación de actividades y procesos de manera jerárquica y estructurada, desarrollado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos llamado Integrated Definition Methods (IDEF, por sus siglas en inglés). En este modelo un proceso

además de tener entradas y salidas, tiene sujetos o recursos y controles.



Figura 2. Modelo flujo de trabajo IDEF  
Fuente: (Knowledge Based Systems, Inc. (KBSI), 2019)

- a. Actividad: se representa con un cuadro, indica una función, proceso o transformación.
- b. Entrada: se representa con una flecha que entra por el lado izquierdo de la actividad. Indica los materiales o informaciones que se transformarán en la actividad para obtener la salida.
- c. Salida: se representa con una flecha que sale del lado derecho de la actividad. Indica los objetos o informaciones producidos por la ocurrencia de la actividad.
- d. Control: se representa con una flecha que entra por la parte superior. Indica las regulaciones que determinan si una actividad se realiza o no. Ej.: normas, guías, reglas, políticas, etc.
- e. Sujeto o Recurso: se representa con una flecha que entra por la parte inferior. Indica los recursos que ejecutan una actividad. Ej.: personas, maquinarias, software, etc.

En la figura 3 se presentan los tres subprocesos, las entradas, las salidas, los recursos y los controles del proceso de Confiabilidad aeronáutica.

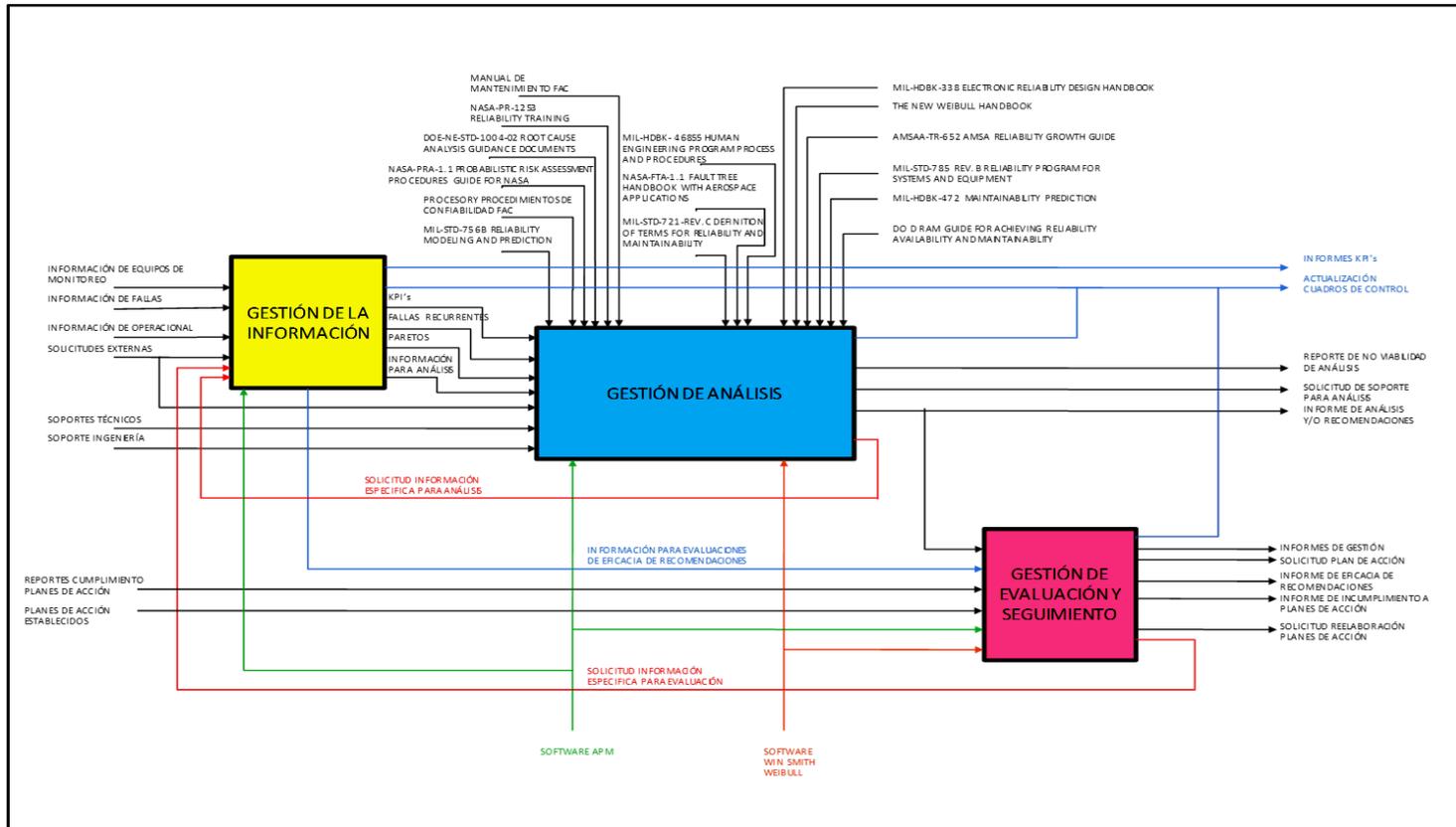


Figura 3. Diagrama IDEF Proceso de Confiabilidad Aeronáutica FAC  
 Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

## **3.2 Entradas**

### **3.2.1 Información de Fallas**

Esta información es la que se encuentra en la forma FAC4-282T de los libros de vuelo y que debe ser ingresada en los avisos tipo Z1 en SAP. La información de fallas se considera la más esencial para el trabajo de Confiabilidad; por lo cual, es de suma importancia su calidad y oportunidad, cualidades que se logran al momento de ingresar la información al sistema mediante el correcto diligenciamiento de todos los campos de los avisos tipo Z1, tales como ubicación funcional completa, momento de descubrimiento de la falla, descripción de la falla, fechas de inicio y corrección de la falla, efecto de la falla, etc. La consulta de esta información se realiza a través de consultas en las bases de datos disponibles o en la plataforma de confiabilidad APM.

### **3.2.2 Información Operacional**

Es la información relacionada con la operación de las aeronaves, horas y ciclos de vuelo, misiones programadas y canceladas, etc. Esta información puede ser gestionada con los grupos de combate y sus aplicativos.

### **3.2.3 Información de Equipos de Monitoreo**

Cuando el administrador de los programas de monitoreo de componentes (motores, estructuras...) considere necesario que confiabilidad realice un análisis sobre sus datos, estos se convierten en una entrada al proceso.

### **3.3.4 Solicitudes Externas**

Son todas aquellas solicitudes escritas y/o verbales elevadas por dependencias ajenas a confiabilidad. Pueden ser solicitudes de información, de análisis, de indicadores, etc.

### **3.3.5 Soportes Técnicos**

Son entradas directas al subproceso de análisis. Corresponden a descripciones generales o detalladas de algún equipo o sistema,

conceptos realizados por técnicos y/o inspectores sobre el funcionamiento de un sistema o componente en particular, o sobre el tipo de mantenimiento realizado, estudios específicos de publicaciones técnicas y manuales, etc.

### **3.3.6 Soporte de Ingeniería**

También son entradas directas al subproceso de análisis. Son todos aquellos estudios especializados de ingeniería, requeridos para un análisis; pueden ser realizados por dependencias internas de la FAC o por entidades externas (universidades, laboratorios, empresas, etc.). Algunos ejemplos de estos soportes pueden ser: estudios de fractomecánica, metalografía, cargas eléctricas, interferencia electromagnética EMI, simulaciones de cargas en estructuras, estudios aerodinámicos, etc.

### **3.3.7 Planes de Acción Establecidos**

Esta es una entrada al subproceso de evaluación y seguimiento. Son los planes que la SEDYE establece para el cumplimiento e implementación de cada una de las recomendaciones generadas por confiabilidad en sus análisis.

### **3.3.8 Reportes de Cumplimiento de los Planes de Acción**

Son una entrada directa al subproceso de evaluación y seguimiento. Es el reporte en porcentaje de avance y con evidencia del cumplimiento de los planes de acción y por ende, de la implementación de recomendaciones, también son emitidos por la SEDYE.

## **3.3 Controles**

Los controles del proceso están conformados por toda la normatividad y estándares de la industria que aplican a confiabilidad. Estos se pueden resumir en orden de importancia en:

- a. El Manual de Mantenimiento MAMAE FAC 4-1.1-0 PUBLICO, todas sus partes especialmente la Parte 6 “Sistema de Confiabilidad Aeronáutica”.

- b. El Manual de Confiabilidad Aeronáutica.
- c. Normas y estándares militares de Confiabilidad.
- d. Normas y estándares de otras organizaciones como NASA, DOD, DOT, etc.

### 3.4 Recursos

- a. **Capital Humano:** Es el principal recurso del proceso. Las personas integrantes del Sistema de Confiabilidad, deben estar debidamente capacitadas y entrenadas.
- b. **Hardware:** de cada una de las oficinas del sistema: computadores, impresoras, escáner, escritorios, etc.
- c. **Sistemas de información:** plataformas corporativas de información tipo ERP o CMMS (APM, SAP, SIIO), con los cuales se obtiene gran parte de la información requerida para Confiabilidad.

### 3.5 Flujos de información

Entre los tres subprocesos también existe un flujo de interacciones que no se catalogan como entradas o salidas del proceso macro, a saber:

- a. **Indicadores claves de desempeño:** KPI, por sus siglas en inglés (Key Performance Indicators), calculados con el aplicativo APM de acuerdo con lo estipulado en el Manual de Confiabilidad, Segunda Parte, Capítulo 5.
- b. **Fallas recurrentes:** son todas aquellas fallas que se repiten de acuerdo con lo estipulado en el Manual de Confiabilidad, Segunda Parte, Capítulo 5.
- c. **Eventos críticos:** son todos aquellos sucesos que afectan la seguridad operacional de una aeronave o equipo. Están relacionados en el MAMAE FAC 4-1.1-0 PUBLICO Parte 6 capítulo 5.

- d. **Diagramas de Pareto:** realizados por gestión de la información. Corresponde a la información tabulada y ordenada, utilizando la regla del 80-20 para ayudar a Identificar eventos, fallas o componentes susceptibles de análisis de Confiabilidad.
- e. **Información para análisis:** cuando en el desarrollo de un análisis de Confiabilidad se requiera de información específica de fallas, modos de falla, mecanismo de falla, información de operaciones, etc. Es función del subproceso de gestión de información brindarla.
- f. **Información de evaluación de eficacia de implementación de las recomendaciones:** luego de terminar e implementar cada análisis de confiabilidad, este es medido para verificar si fue eficaz o no. El parámetro de medición de cada análisis se encuentra dentro del informe de análisis. Normalmente, se puede medir utilizando uno o varios de los indicadores de desempeño como MTBF o confiabilidad y debe ser reportado por gestión de información a evaluación y seguimiento.

### 3.6 Salidas

Las salidas del proceso son la carta de presentación de todo el trabajo de Confiabilidad; por lo cual, de ellas se espera la máxima calidad, la mejor publicación y difusión por parte del personal de confiabilidad; las salidas son:

- a. **Informes de KPI's:** son informes de la medición de los indicadores claves de desempeño calculados por APM. Pueden ser escritos o elaborados en forma de presentación. Deberán ser socializados, por lo menos, una vez al mes en junta técnica del GRUTE.
- b. **Actualización de cuadros de control:** mensualmente las SECOA deberán actualizar los cuadros de control FAC4- 218T y FAC4- 220T.

## Parte II. Información De Confiability



SEGUNDA PARTE

INFORMACIÓN DE  
CONFIABILIDAD



## Capítulo 4. Gestión de la información

Gestión de la información es el subproceso inicial de la gestión de Confiabilidad Aeronáutica y en primera instancia, busca garantizar la veracidad, oportunidad y validez de la información que se utiliza en el desarrollo de análisis de Confiabilidad, informes mensuales y los diferentes documentos que se emiten desde el AING - Confiabilidad Aeronáutica y sus diferentes secciones ubicadas en las Unidades.

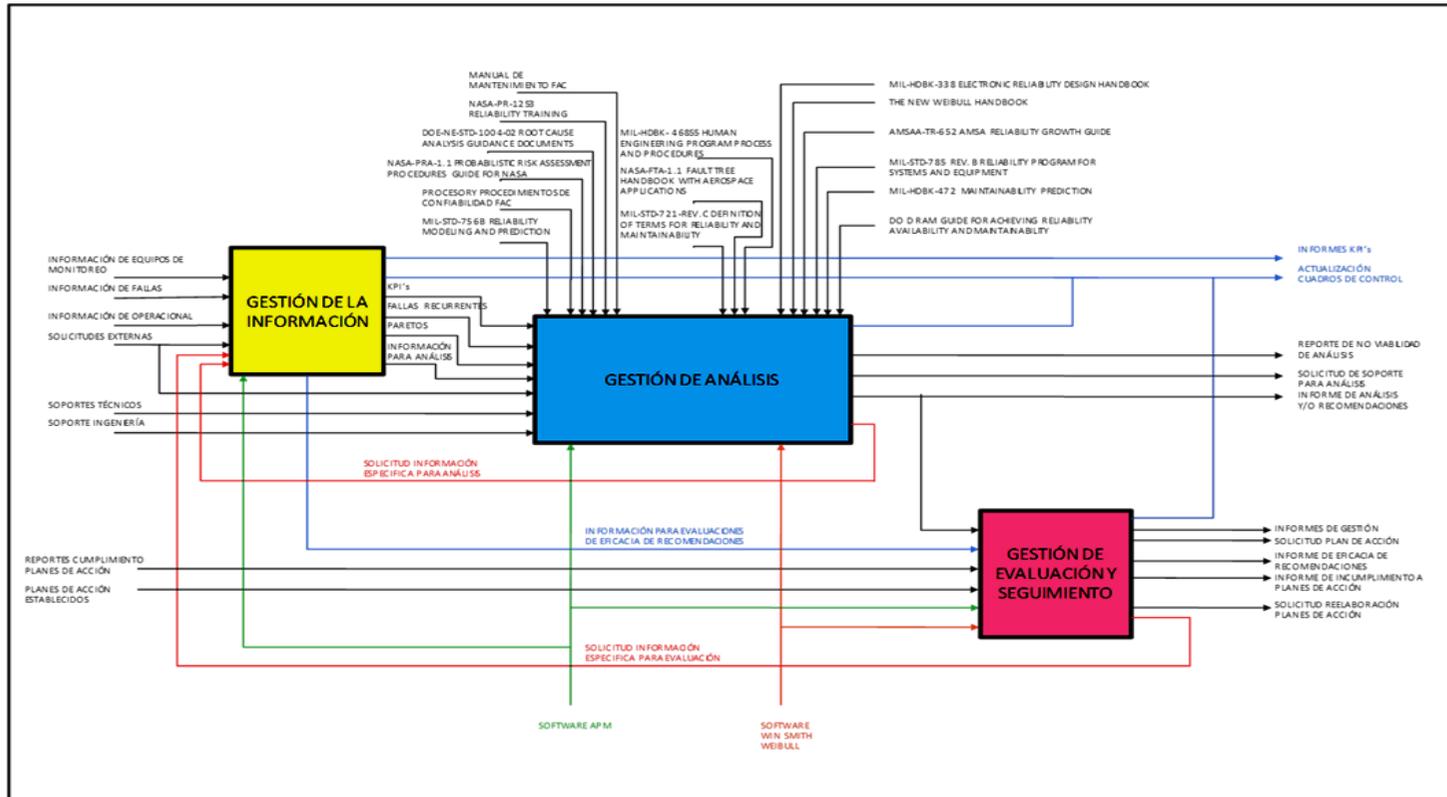


Figura 4. Proceso inicia - Gestión de Información  
 Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

Para obtener resultados satisfactorios en este proceso, la gestión de información se vale de los siguientes recursos:

- a. Aplicativo APM.
- b. Información de fallas y eventos de mantenimiento.
- c. Informes de evento crítico.
- d. Solicitudes de información.
- e. Formas FAC4-282T.
- f. ERP SAP.

Todo este cúmulo de datos conforma la fuente primaria con la cual los integrantes del Sistema de Confiabilidad elaboran, calculan, desarrollan y argumentan informes, reportes, indicadores y la información requerida, en algún momento, por la gerencia o el ente que así lo requiera.

A continuación, se describe brevemente cada uno de estos recursos.

#### **4.1 Plataforma de confiabilidad APM**

Con la adquisición de la plataforma corporativa de confiabilidad APM, la automatización ha permitido obtener, en tiempo real, la información que las tripulaciones y personal de mantenimiento consignan en el SAP sobre el estado de las aeronaves y su situación en el mantenimiento. Ello ha permitido un enorme avance y facilidad al momento de procesar dicha información en la obtención de indicadores y el desarrollo de los análisis, evitando el registro manual de datos en tablas aisladas de Excel.

#### **4.2 Información de fallas y eventos de mantenimiento**

Esta es toda la información recopilada de documentos como formas FAC, libros de vuelo, o la plataforma SAP correspondiente a avisos Z1, matrices de fallas, tablas de Excel y la base de datos de APM.

### **4.3 Informe de evento crítico**

Es un formato en el cual se consignan los pormenores de un evento o falla operacional de importancia y que puede estar relacionado con mantenimiento.

### **4.4 Solicitudes de información**

Se presentan algunas ocasiones en las que el proceso de análisis o entes externos requieren de la recopilación de información para desvirtuar o avalar hipótesis u otra gestión analítica. Es por esto, que se definen las solicitudes de información como recursos del proceso.

### **4.5 Forma FAC4-282T-1**

Es la fuente de información de fallas por excelencia ya que en ella se registran gran cantidad de datos que el analista utiliza para el desarrollo de su trabajo. Es a partir de esta información que se elaboran diagramas de Pareto, se detectan recurrencias y tendencias, se elaboran indicadores y se desarrollan pronósticos de falla.

Actualmente, esta información se encuentra digitalizada en SAP como avisos tipo Z1 y es replicada en la base de datos de APM para el desarrollo de todas las actividades en los subprocesos de Confiabilidad.

### **4.6 ERP SAP**

Como se ha dicho anteriormente, el ERP SAP es la primera fuente de información de mantenimiento y de fallas que posee el analista. No obstante, con la disponibilidad de la plataforma de confiabilidad APM, la migración de esta información a este aplicativo permite que el analista trabaje con esta información directamente desde las herramientas que tiene, sin necesidad de hacer tratamientos de lista, llevar esta información a Excel y luego procesarla.



## Capítulo 5. Procedimientos para la gestión de la información

Para asegurar la correcta gestión de la información mediante los recursos antes mencionados, se deben ejecutar los siguientes procedimientos, con los cuales se cumple a cabalidad el trabajo de las secciones confiabilidad. Estos procedimientos y actividades son:

### 5.1 Gestión de la información en APM

El aplicativo APM<sup>1</sup> de la FAC, es una plataforma corporativa para la gestión de activos, la cual fue adquirida por la FAC desde el año 2009, motivada principalmente por la necesidad de evaluar en forma integral el desempeño de sus activos. Esta plataforma posee una interfaz certificada con SAP<sup>2</sup>, que actualiza diariamente la

<sup>1</sup> Asset Performance Management

<sup>2</sup> Software de planificación de recursos empresariales Ministerio de Defensa Nacional

información correspondiente a avisos, órdenes de mantenimiento, equipos, ubicaciones técnicas y documentos de media que se registran en el módulo SAP-PM<sup>3</sup>.

La labor diaria de gestión de información se ve enormemente favorecida y agilizada con el uso correcto del APM, toda vez que se automatiza la elaboración y control de indicadores, la consulta y extracción de fallas, el desarrollo de gráficas, la búsqueda de componentes y datos que en un momento dado el analista de confiabilidad puede requerir.

Dados los grandes beneficios que el APM otorga a la gestión de confiabilidad en todos sus procesos, es responsabilidad de cada integrante de las SECOA elaborar todos los trabajos, gráficas, consultas, análisis, seguimientos y demás trabajos pertinentes a su labor, mediante el uso y operación de este aplicativo.

## **5.2 Gestión de indicadores en APM**

Los indicadores establecidos por el AING – Confiabilidad Aeronáutica, para la medición del desempeño de las aeronaves y el mejoramiento continuo, son los siguientes:

- a. Disponibilidad.
- b. Confiabilidad de despacho.
- c. Tiempo Medio entre Remociones No Programadas MTBUR<sup>4</sup>.
- d. MTBF.
- e. MTTR.
- f. Confiabilidad.

Los anteriores indicadores se generan de forma mensual y son alimentados de información del módulo SAP- PM, así como de datos operaciones de SIIO<sup>5</sup>, los cuales deben ser monitoreados por cada SECOA durante la elaboración de los informes mensuales y cada vez que sea requerido en un análisis de confiabilidad o por requerimiento de diferentes dependencias de los GRUTE.

---

<sup>3</sup> Módulo de mantenimiento

<sup>4</sup> Mean Time Between Unscheduled Removal (siglas en inglés)

<sup>5</sup> Sistema de Información Integrado Operacional

Para la consulta de los indicadores existe consultas en APM a nivel de aeronave, equipo y base, así mismo a partir de estas consultas se generan reportes gráficos. Todos los indicadores son administrados en APM, por lo tanto, es de vital importancia que los analistas sepan cómo consultar sus valores y gráficas.

¡Atención!

la siguiente información se registra bajo la premisa de que el lector tiene conocimientos básicos sobre el manejo del APM, entiende la dinámica y funcionamiento de los indicadores establecidos por el AING – confiabilidad aeronáutica. si existe alguna duda, remítase al manual de usuario Meridium no. 1701 o instructivo para usuarios APM - FAC.

A continuación, se ilustra un ejemplo de cómo se pueden generar y consultar gráficas de indicadores en APM. El sistema cuenta con una página de inicio (home page) personalizada para cada usuario. Esta muestra links directos a las gráficas de cada indicador, previa selección de datos como unidad, equipo, fecha etc.

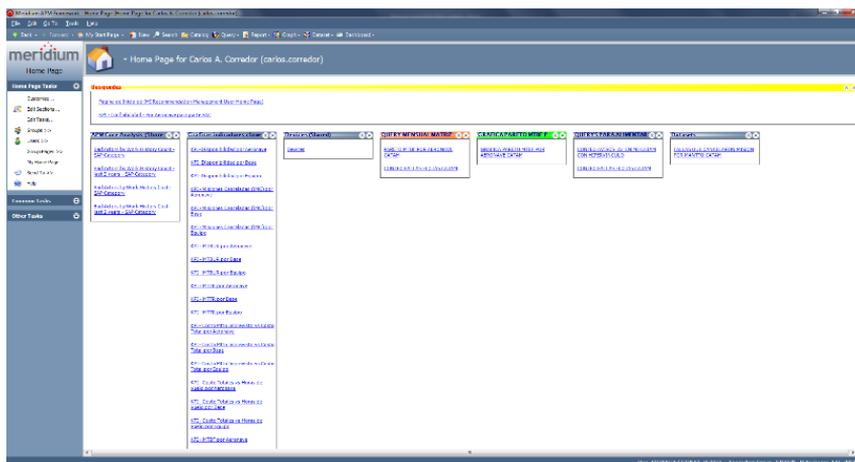


Figura 5. APM - Meridium - Página de inicio personalizada  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Al hacer clic en cualquiera de estos enlaces, por ejemplo, MTBF por aeronave, se obtendrá la siguiente imagen (ver Figura 6).

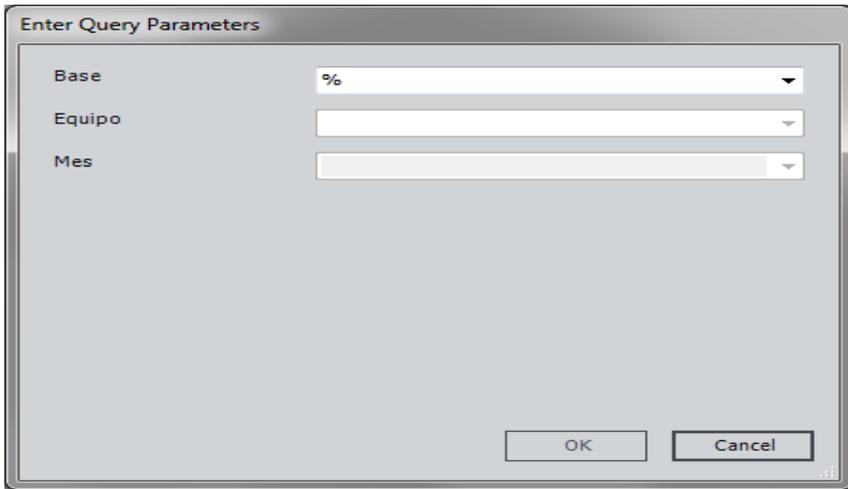


Figura 6. APM – Meridium criterios para la consulta  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

En esta ventana, el usuario deberá seleccionar la Base Aérea (dada la configuración de seguridad, solo podrá consultar su Unidad), el equipo (flota) del cual necesita la información y para este caso, el mes (es necesario ya que del mes se obtendrá la gráfica). Una vez se le dé clic en el botón OK, la gráfica resultante será la que se muestra en la figura 7.

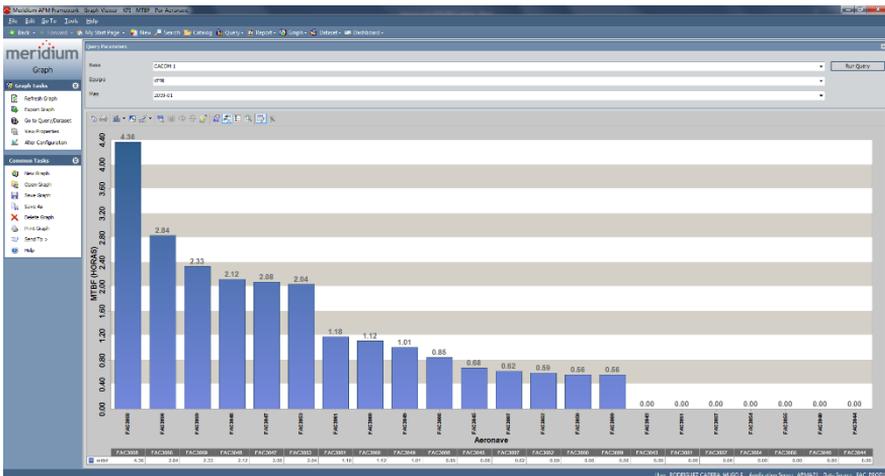


Figura 7. Meridium – MTBF Aeronaves KFIR 2019-01  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

De esta forma se obtiene la gráfica respectiva para MTBF de CACOM-1 aeronaves KFIR para el mes de enero de 2019, esta grafica puede ser exportada o copiada. De esta forma, se obtiene

acceso a las gráficas para cada uno de los indicadores establecidos en APM.

### 5.3 Generación de tablas de datos y migración a excel

Si por alguna razón es necesaria la tabla de datos con los que el aplicativo calculó los diferentes indicadores para trabajarlos en Excel y no en APM el procedimiento es el siguiente:

Para obtener la tabla a partir de la gráfica, primero se debe ejecutar la misma, tal y como se hizo en el ejemplo anterior. Posteriormente, en la barra “tareas de gráfico” ubicada a la izquierda de la pantalla se hace clic en el enlace “ir a consulta/conj...” y se obtendrá la imagen correspondiente a la figura 6. Se solicitan los mismos datos iniciales; pero al hacer clic en ok se generará la respectiva tabla de datos (ver figura 8).

Fecha	Base	Equipo	Aeronave	Horas Voladas	Fallos	mtbf
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3058	4.36	1	4.36
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3056	5.67	2	2.835
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3059	2.33	1	2.33
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3048	2.12	1	2.12
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3047	4.16	2	2.08
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3053	6.11	3	2.03666666666667
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3081	1.18	1	1.18
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3060	5.98	5	1.196
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3049	4.02	4	1.005
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3008	4.23	5	0.846
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3045	2.7	4	0.675
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3007	5.55	9	0.616666666666667
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3052	5.33	9	0.592222222222222
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3050	2.8	5	0.56
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3009	5.57	10	0.557
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3043	0	1	0
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3051	0	1	0
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3044	0	1	0
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3054	0	1	0
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3055	0	1	0
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3040	0	1	0
2019-01	CACOM 1	KFIR	FAC3057	0	1	0

Figura 8. Meridium –Tabla de datos gráfica MTBF Aeronaves KFIR 2019-01

Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Así como la gráfica se puede exportar a otro documento, la tabla de datos se puede migrar a un archivo de Excel fácilmente; al hacer clic en el enlace “Enviar a >>” o Imprimir Consulta de la barra tareas comunes. De esta forma, los datos quedan listos para ser trabajados en Excel en caso de ser requerido.

### 5.4 Búsquedas en APM

Meridium provee herramientas para la búsqueda de registros de las diferentes familias (tablas) que componen la base de datos. El usuario

puede efectuar una búsqueda simple o avanzada de ítems como aeronaves, equipos, fallas, documentos de medida (horas voladas), resultados mensuales de indicadores, análisis creados, autonomías de aeronaves, causas de misiones canceladas, efectos de fallas, costos, recomendaciones y en síntesis, la mayoría de la información que se puede consultar en SAP además de la información y trabajos realizados en APM previamente.

Es necesario que el usuario conozca las diferentes familias que contienen la información a buscar para que se obtengan resultados óptimos Para el desarrollo correcto de búsquedas refiérase al manual “APM Framework-User Course No. 1701” o instructivo para usuarios APM-FAC.

## **5.5 Creación de querys en APM**

Los querys son consultas elaboradas por el usuario mediante el asistente para creación de querys o por medio de programación en SQL. Estos conforman el método más versátil y personalizado de obtener la información exacta y con los criterios definidos por parte del analista.

Los querys permiten hacer combinaciones de la información de diferentes familias de APM e incluso cálculos entre datos provenientes de ellas; lo cual permite consolidar información muy rápidamente. El usuario puede parametrizar los querys para que le den información específica por fecha, por elemento, por equipo, por aeronave, por base, etc.

Con los querys, el usuario puede obtener información de fallas por aeronave, componentes instalados en aeronaves, indicadores específicos por componente, sistema, aeronave, equipo, Unidad; puede configurar querys para que se ejecuten periódicamente mediante estrategias; puede calcular promedios, sacar totales, subtotales, distribuciones, diagramas de Pareto.

Los querys son el mecanismo por medio del cual, el aplicativo calcula todos los indicadores que se manejan en el AING – Confiabilidad Aeronáutica, así como la generación de las gráficas correspondientes a cada uno de ellos.

Para desarrollar correctamente querys en APM y obtener la información requerida con los parámetros que se deseen, refiérase al manual “APM Framework -User Course No. 1701” o instructivo para usuarios APM FAC.

## **5.6 Gestión de indicadores**

Los indicadores de gestión son medidas utilizadas para determinar el éxito de un proyecto o una organización. Los indicadores de gestión suelen establecerse por los líderes del proyecto u organización y son utilizados posteriormente a lo largo del ciclo de vida de los activos, para evaluar el desempeño y los resultados.

Un indicador debe ser de fácil cálculo, práctico, eficiente, comparable, verificable y debe dar a la gerencia una visión concreta de lo que se está midiendo, los indicadores que gestiona el AING – Confiabilidad Aeronáutica son:

- a. Disponibilidad.
- b. Confiabilidad de despacho.
- c. Confiabilidad.
- d. MTBF.
- e. MTTR.
- f. MTBUR.

A continuación, se ilustra la definición y la ecuación para el cálculo de cada uno:

### **5.6.1 Disponibilidad**

Se expresa como el porcentaje de tiempo en el cual, un activo se puede utilizar para cumplir con los requerimientos operacionales que le son asignados, el lapso de tiempo lo define el analista.

El valor de la disponibilidad refleja la capacidad real de una flota determinada para cumplir una misión, independiente del número de aeronaves que se encuentren dentro del parte diario.

$$D = \left[ \frac{\frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} * \frac{\text{No. días lapso tiempo}}{1 \text{ mes}} - (HMP + HMI + HMNP)}{\frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} * \frac{\text{No. días lapso tiempo}}{1 \text{ mes}}} \right] * 100\%$$

En donde:

**HMP:** cantidad de horas consumidas en mantenimiento programado en el mes.

**HMI:** cantidad de horas consumidas en mantenimiento imprevista.

**HMNP:** cantidad de horas consumidas por demoras logísticas (ejemplo falta de repuestos, envío de apoyos, consecución de herramientas especiales entre otros)

### 5.6.2 Confiabilidad de Despacho

Se expresa como el porcentaje de misiones cumplidas por una aeronave versus las programadas, solo se descuentan las misiones canceladas por factor de mantenimiento.

Permite conocer el grado de incidencia que tienen las fallas al momento de iniciar un vuelo desde la prendida de la aeronave con intención de vuelo y la incidencia que tiene el factor de mantenimiento para el cumplimiento de las misiones programadas por el área operativa.

$$Cd = \left[ 1 - \left( \frac{\text{No. misiones canceladas factor mantenimiento}}{\text{No. misiones Programadas}} \right) \right] * 100\%$$

Este indicador se calcula de acuerdo con la información reportada por el área operacional en el SIIO y es cargada por parte del AING – Confiabilidad Aeronáutica, por lo cual es responsabilidad de cada SECOA verificar la información y realizar las correcciones a que haya lugar e informarlas al AING – Confiabilidad Aeronáutica.

### 5.6.3 MTBUR<sup>6</sup>

El Tiempo Medio entre Remociones No Programadas (MTBUR) se define como el tiempo promedio en horas de vuelo en el que un componente reparable es removido de una aeronave por motivos

<sup>6</sup> Este debe ser calculado para los motores y reportado mensualmente; para los componentes con TBO de una aeronave cuando sea requerido como parámetro de medición en un análisis de confiabilidad.

diferentes a los relacionados con las actividades de mantenimiento programado, o remociones controladas.

$$MTBUR_{Componente} = \frac{\sum TSO(\text{componentes removidos no programados})}{\text{No. remociones no programados}}$$

**TSO:** Tiempo desde overhaul (Time since overhaul)

### 5.6.4 MTTR

Mide las horas calendario que una organización de mantenimiento invierte en recuperar a su estado de operación una aeronave, luego de entrar en un mantenimiento imprevisto.

$$MTTR = \frac{\sum(\text{Down time period})}{N}$$

En donde:

**Down time:** es el tiempo calendario que dura inoperativa una aeronave por factor mantenimiento y factor logístico.

**N:** es el número de eventos de mantenimiento correctivo presentados en el periodo

### 5.6.5 MTBF

Indica el tiempo promedio en el que está fallando un componente, sistema o aeronave. Este indicador muestra una medida del desempeño de un activo como una aeronave para que pueda ser comparada con sus pares o con otro tipo de aeronave.

$$MTBF = \frac{\text{horas voladas en el lapso}}{\text{Conteo de fallas en el lapso}}$$

**NOTA:** El indicador MTBF puede ser calculado para todos los componentes “por condición” de una aeronave, de acuerdo con las necesidades y seguimiento que se requiera para los componentes considerados críticos.

### 5.6.6 Confiabilidad

Estima la probabilidad que tiene una aeronave de cumplir la misión para la cual fue asignada, sin presentar fallas en un lapso determinado, la cual se expresa en porcentaje.

$$R(t) = 100\% * e^{\left(\frac{-t}{MTBF}\right)}$$

En donde:

**T:** autonomía aeronave.

La distribución exponencial es la que representa o describe la disminución en el desempeño en el tiempo de operación de los componentes que se encuentran en su etapa de vida útil.

## **5.7 Desarrollo de diagramas de Pareto en APM**

El diagrama de Pareto es una herramienta utilizada para priorizar la información a analizar, debido a que se centra en identificar la frecuencia con la que ocurre un evento o para realizar comparación de parámetros logrando identificar los mejores y peores comportamientos dado un parámetro.

Un diagrama de Pareto se representa como una serie de barras, donde las alturas reflejan la frecuencia o impacto de los problemas. Las barras son ordenadas en orden descendente de altura de izquierda a derecha. El analista será el encargado de definir si la información de interés es representada en las barras que representan una mayor o menor frecuencia.

El diagrama toma su nombre del principio de Pareto, el cual postula que el 80 por ciento de los síntomas viene del 20 por ciento de los problemas.

Un diagrama de Pareto fracciona un problema grande en piezas pequeñas e identifica los principales contribuyentes, esto ayuda a la priorización de los problemas y a la administración de los recursos disponibles; dado que muestra en dónde enfocar los esfuerzos con el objetivo de maximizar los resultados.

El principio de Pareto establece que un pequeño número de causas cuenta para la mayoría de los problemas. Enfocar los esfuerzos sobre las “pocas causas significativas” garantiza un mejor uso de los recursos disponibles.

Para elaborar un diagrama de Pareto en APM se debe partir de un query previamente diseñado, al cual se le dará la instrucción

“Descendiendo”, en la fila “Ordenar” de la columna de la cual queremos obtener los datos ordenados en forma descendiente. Todo esto en el editor de queries.

A continuación, se presenta un ejemplo con el query “Pareto de MTBF por aeronave” el cual se aprecia en la siguiente imagen, en el editor de queries -vista de diseño:

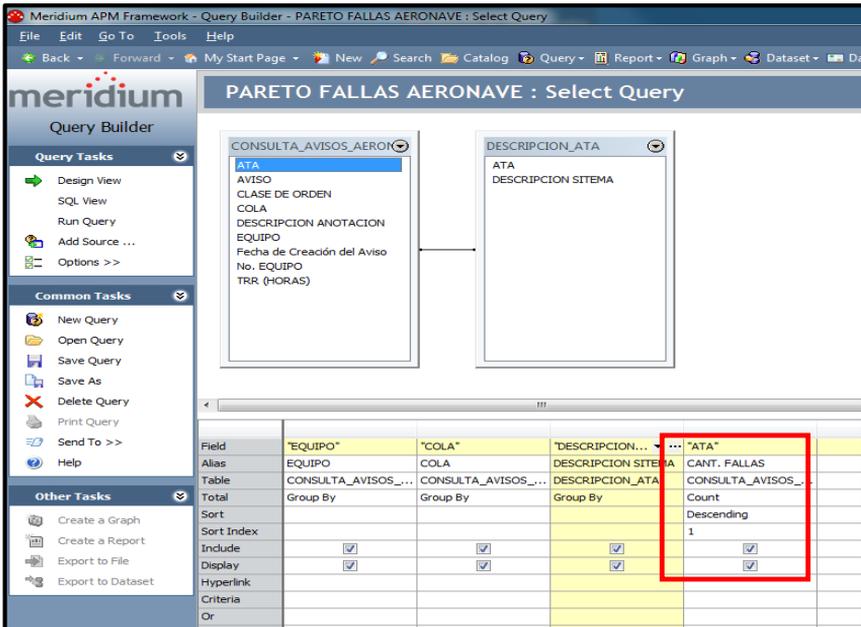


Figura 9. Meridium - Query Pareto fallas aeronave  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Se puede ver, en la cuarta columna, la palabra “descendiendo” en la fila correspondiente al criterio “Ordenar”. La inserción de esta palabra en esa posición hará que se genere el Pareto de cantidad de fallas por ATA para una aeronave como se muestra en la siguiente figura.



periodicidad debe tener una falla para que se considere como recurrente y el cumplimiento del caza fallas.

Es importante mencionar que los manuales de mantenimiento de las aeronaves consideran procedimientos a seguir cada vez que se presenta una falla<sup>7</sup> en determinado sistema o componente, estos procedimientos se diseñan para atacar las causas más probables de la generación de la falla y mencionados procedimientos se siguen de acuerdo con lo ordenado por el fabricante y pueden tener diferentes cursos de acción tanto en paralelo como en serie.

### **5.8.1 Falla Recurrente**

Es aquella pérdida de función total o parcial que se repite en un lapso de tiempo determinado en un equipo(s), sistema(s) o aeronave(s) de un mismo tipo. Es importante entender que debe ser el mismo modo de falla el que se repite, que se debe haber agotado el cumplimiento al proceso de caza fallas y que la aeronave debe por lo menos cumplir una misión sin presentar un evento de mantenimiento relacionado. No uno parecido, ni tampoco otra falla diferente sobre el mismo activo o uno del mismo tipo instalado en una o varias aeronaves o aeronaves de una misma flota.

Para que sea recurrente debe ser la misma falla, el mismo modo de falla y en un mismo activo o uno igual que esté en funcionamiento.

De acuerdo con esto, se ha establecido evaluar las fallas recurrentes bajo los siguientes parámetros:

- a. Reportes del mismo modo de falla, en tres (3) ocasiones o más, en una misma aeronave, o varias de un mismo equipo, en un periodo de tiempo menor a dos meses calendario, ejemplo del orden de aparición de las fallas se puede apreciar en la siguiente figura:

---

<sup>7</sup> Caza fallas



Figura 11. Primer parámetro de falla recurrente  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

- b. Reportes del mismo modo de falla, en tres (3) ocasiones o más, en una aeronave, entre ciclos de inspección programada (Ej.: dentro de las 150 horas de operación de un AC-47T).

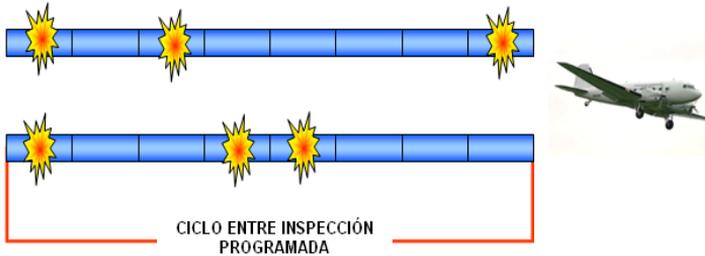


Figura 12. Segundo parámetro de falla recurrente  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

- c. Reportes del mismo modo de falla, en tres (3) aeronaves de la misma flota, en un periodo menor a dos meses.

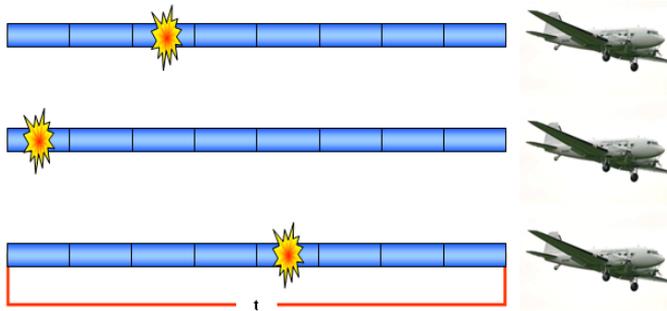


Figura 13. Segundo parámetro de falla recurrente  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

Para la evaluación de este comportamiento se debe analizar y clasificar la información registrada en el parte de aeronaves, con el fin de identificar los datos que estén dentro de estos parámetros y poder dar inicio a un análisis, según sea el caso.

Aunque inicialmente se puede hablar de reportes similares, porque el modo de falla normalmente no es evidente, se debe identificar a través del caza fallas, para determinarla realmente, se debe tener en cuenta que el interlocutor quien registra la falla, lo hace con sus propias palabras difiriendo de otro registro hecho por otra persona.

Es de suma importancia enterar de esta distribución y de la definición de falla recurrente al Comandante del GRUTE, Comandante de la Unidad y DESOP, con el fin de que ellos entiendan cuándo se presenta una falla recurrente y cuándo no, de acuerdo con la doctrina del presente manual y que deben ser seguidos por cada SECOA.

De acuerdo a lo anterior, el seguimiento diario del parte de aeronaves por parte de cada SECOA es vital para la correcta detección de este tipo de tendencias.

La ocurrencia de fallas recurrentes en las aeronaves, deberá ser informada al DESOP de la Unidad, los cuales serán los encargados de realizar la investigación pertinente para evaluar el nivel de riesgo operacional y emitir las recomendaciones para cada caso.

## Parte III. Análisis de confiabilidad



TERCERA PARTE

ANÁLISIS DE  
CONFIABILIDAD



## Capítulo 6. Instrucciones preliminares de análisis de confiabilidad

Los análisis de confiabilidad permiten hacer diferentes tipos o clases de estudios a la información operacional y de mantenimiento, los cuales dependen del tipo y la calidad de información disponible, las consecuencias de una falla en particular, el costo y la viabilidad de realizar un análisis, entre otros aspectos. Un análisis de confiabilidad consigue identificar las causas generadoras de eventos que impactan el desempeño de las aeronaves, para definir acciones encaminadas a su eliminación. También permite controlar parámetros de rendimiento, medidas de desempeño, indicadores o las mismas fallas, en un nivel aceptable, y modelar comportamientos y frecuencias para realizar pronósticos.

La confiabilidad aeronáutica de la FAC, para este propósito, establece el empleo y aplicación de diferentes técnicas de análisis de confiabilidad como lo son los diagramas de Pareto, análisis de criticidad, análisis causa raíz<sup>8</sup>, Weibull, Crow Amsaa, diagramas de

---

<sup>8</sup> RCA, (Root Cause Analysis)

bloque de confiabilidad,<sup>9</sup> análisis de modo falla y sus efectos<sup>10</sup> y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad<sup>11</sup>. La aplicación de cada una de estas técnicas se soporta en la capacidad del personal de confiabilidad adquirida con capacitación y experiencia; así como en el uso de diversas herramientas tecnológicas como el APM.

Los análisis de confiabilidad se clasifican en dos niveles:

- a. **NIVEL 1:** Análisis en los que se realiza un estudio profundo que genera recomendaciones puntuales sobre el evento, falla o comportamiento analizado. Ejemplo: Un RCA, RCM, FMEA de una falla crítica en el que se recomienda realizar un cambio a un programa de mantenimiento.
- b. **NIVEL 2:** Análisis en los que se realiza un estudio rápido referente a algún comportamiento en particular con el fin de mitigar de manera rápida el riesgo aplicando técnicas como diagramas de Pareto, análisis de criticidad o análisis probabilísticos, así mismo, se emitirán máximo dos recomendaciones. Ejemplo: La clasificación de fallas por sistemas de una aeronave o flota mediante un diagrama de Pareto. Estos análisis son controlados y manejados a nivel de las SECOA, deben ser enviados al AING – Confiabilidad Aeronáutica.

En conclusión, la diferencia entre los niveles de los análisis radica en el alcance y en la profundidad del estudio. Mediante la presente parte del manual, se establece el procedimiento general con instrucciones claras y específicas para la realización de análisis de confiabilidad y el empleo de las diferentes técnicas y herramientas de análisis por parte del Personal del AING – Confiabilidad Aeronáutica y de las SECOA de cada una de las Bases Aéreas, de tal forma que se cuente con una hoja de ruta para la realización de análisis de confiabilidad.

## 6.1 Generalidades del proceso de análisis

El flujograma para el proceso de confiabilidad se muestra en la figura 14, mencionado proceso se divide en 4 fases las cuales se detallan a continuación:

---

<sup>9</sup> RBD, (Reliability Block Diagrams)

<sup>10</sup> FMEA, (Failure Mode Analysis and Effects)

<sup>11</sup> RCM, (Reliability Centered Maintenance)

### **6.1.1 Verificación de alarmas**

Esta es la primera fase del proceso, corresponde a la revisión de los parámetros de medición de desempeño de las aeronaves, establecidos en la actividad de gestión de información (fallas recurrentes, fallas críticas, indicadores bajos, repetición de eventos ya analizados, solicitudes externas, eventos críticos y diagrama de Pareto de fallas por sistemas o por componentes), a fin de establecer si uno o varios de ellos indican que se debe iniciar un análisis de confiabilidad.

La verificación se debe realizar de acuerdo con las instrucciones del Manual de Confiabilidad, Tercera Parte, Capítulo 6, numeral 6.3 “Criterios para iniciar un análisis de confiabilidad”.

### **6.1.2 Estudio de viabilidad y oportunidad**

Inmediatamente después de verificar una “alarma” que indique el inicio de un análisis de confiabilidad, el analista deberá realizar un estudio de la viabilidad y oportunidad de la realización del mismo, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Confiabilidad, Tercera Parte, Capítulo 6, numeral 6.4 “Definición de viabilidad, oportunidad y priorización de análisis”.

### **6.1.3 Aplicación de la Técnica de Análisis**

Cuando el analista establece la viabilidad de realizar un análisis de confiabilidad, se da inicio a esta fase; la cual corresponde a las actividades de recolección de información de la falla o evento, definir el tipo de técnica de análisis a aplicar y aplicarla. La aplicación de las técnicas de análisis de confiabilidad se realizará cumpliendo con las instrucciones del Manual de Confiabilidad, Tercera Parte, Capítulo 7.

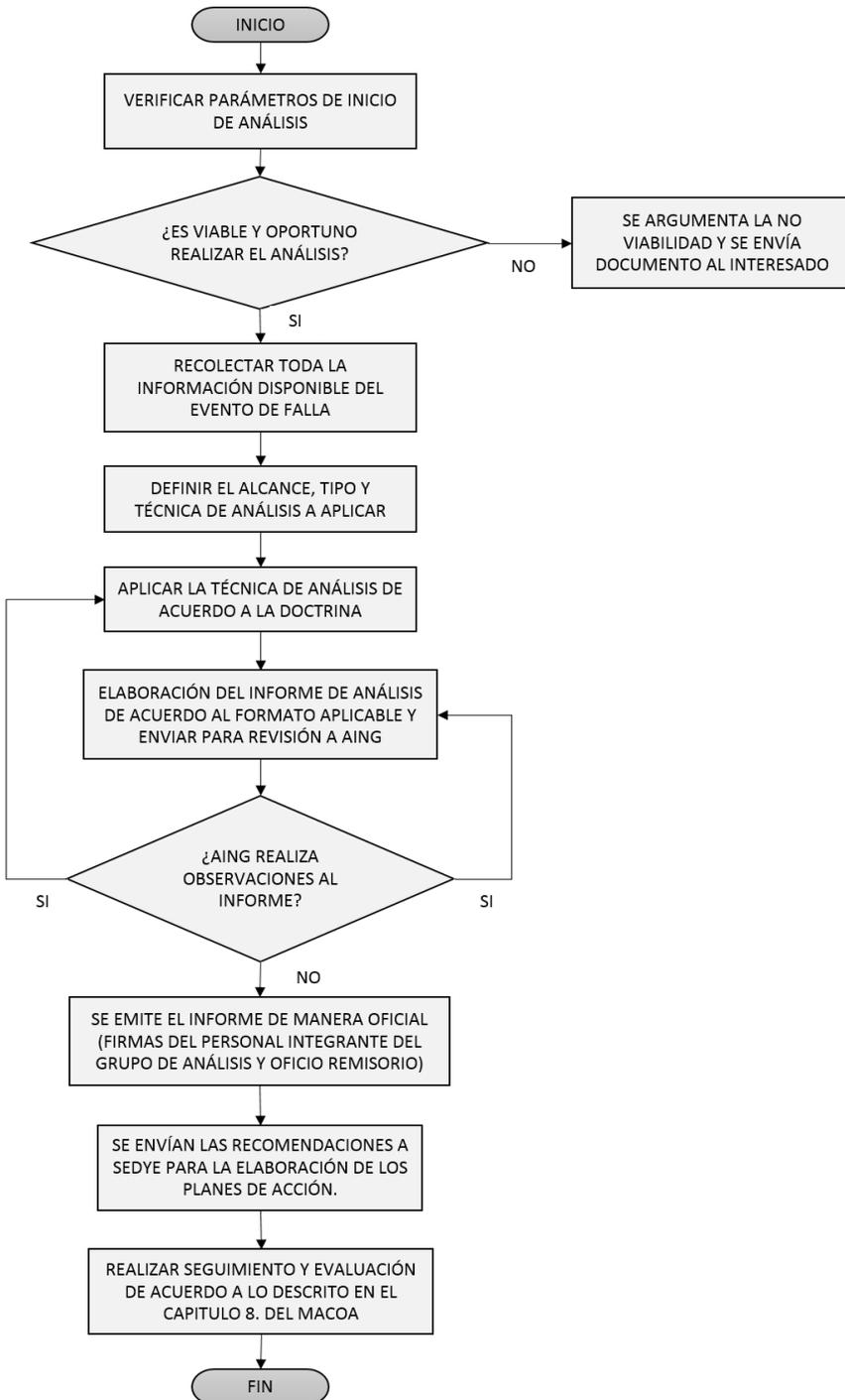


Figura 14. Diagrama de flujo - proceso de análisis de confiabilidad  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

### **6.1.4 Presentación de Resultados**

Es la última fase del proceso. Consiste en la elaboración del informe final del análisis en la forma FAC4-217T “Informe análisis de evento” o FAC4-221T “informe de análisis nivel II,” se envía para la revisión y aprobación del AING – Confiabilidad Aeronáutica y la emisión legal del análisis. Las instrucciones para realizar estas actividades se encuentran en los Anexos C y G del presente Manual.

## **6.2 Instrucciones generales**

La comunicación entre el AING - Confiabilidad Aeronáutica y las SECOA es el elemento más importante para garantizar un óptimo resultado en la elaboración de los análisis de confiabilidad. Por consiguiente, se establece que cada vez que se inicie un análisis, se debe diligenciar la forma FAC4-220T “Control de análisis de eventos<sup>12</sup>” y establecer comunicación con AING – Confiabilidad Aeronáutica utilizando las diferentes herramientas de tecnología de la información y comunicación disponibles para solicitar el código del análisis. Para ello, se debe enviar la información sobre fecha de inicio del análisis, el nombre del evento o del análisis, flota o número de cola del activo al que se le inicia el análisis; a vuelta de correo, AING – Confiabilidad Aeronáutica envía el código del análisis y la fecha límite de finalización del mismo quedando automáticamente en estado de Desarrollo. La información del formato deberá ser actualizada de forma mensual por parte de las SECOA y enviada los cinco primeros días 5 días de cada mes al AING – Confiabilidad Aeronáutica.

En dicho formato, solo se deben relacionar las causas y las recomendaciones de los análisis que pasen a estado de “En Implementación”, es decir, aquellos análisis que estén aprobados, revisados y enviados con oficio firmado por el Comando de la Unidad al AING – Confiabilidad Aeronáutica.

Los análisis que se encuentran en estado de “En Desarrollo” y “En Revisión” solo deben plasmar la información básica en la forma FAC4-220T “Control de análisis de eventos”. De igual manera, el

---

<sup>12</sup> Anexo E del Manual de Confiabilidad

especialista de confiabilidad encargado de la Sección de Análisis en el AING – Confiabilidad Aeronáutica, debe actualizar la forma FAC4-220T con todos los análisis de la Fuerza Aérea Colombiana, ingresando toda la información de los análisis de cada Unidad, con el fin de poder efectuar el seguimiento al estado de cada análisis y a la gestión de cada Unidad.

Los estados van cambiando en su orden, iniciando por “En Desarrollo”, seguido de “En Revisión”, luego “En Implementación”, posterior “Cerrado y en Seguimiento” y por último “Cerrado”. Para el desarrollo del análisis, cada analista o Sección de Confiabilidad deberá definir si se requiere formar un grupo de análisis o no, dependiendo de la técnica a aplicar y la complejidad del estudio.

El desarrollo del análisis debe seguir las instrucciones especificadas en el Capítulo 7 del presente manual, de acuerdo con la técnica aplicada y el nivel del análisis. Los análisis de confiabilidad se deben registrar en la plataforma APM y finalmente deben quedar en las formas establecidas para cada nivel de análisis: forma FAC4-217T “Informe análisis de evento” para análisis nivel 1 (ver anexo C) y forma FAC4-221T “Informe de análisis nivel II” para análisis nivel 2 (ver anexo F).

Una vez culminada la fase de “En Desarrollo”, se debe realizar el informe en el que se plasma todo el estudio realizado según corresponda y se envía al AING – Confiabilidad Aeronáutica para su revisión y aprobación. Solo cuando las observaciones realizadas se corrijan, las SECOA están autorizadas para emitir el informe con las respectivas firmas y enviarlo a JELOG mediante oficio firmado por el Comando de la Unidad.

**NOTA: Ninguna Sección Confiabilidad está autorizada a emitir un informe para análisis de nivel I o nivel II sin la aprobación del AING – Confiabilidad Aeronáutica.**

### **6.3 Criterios para iniciar un análisis de confiabilidad**

Cualquier desviación anormal que afecte el rendimiento de una flota, aeronave, sistema o componente deberá generar una alerta de análisis que indique la posible necesidad de hacer un análisis de confiabilidad.

Los parámetros establecidos por confiabilidad aeronáutica para identificar disminuciones en el desempeño de las flotas, aeronaves, sistemas y componentes en la FAC son:

- a. Monitoreo de fallas Recurrentes.
- b. Monitoreo de fallas o Eventos críticos.
- c. Indicadores de confiabilidad o KPI's.
- d. Diagramas de Pareto de fallas por sistemas.
- e. Solicitudes de Jefes o Comandantes.
- f. Repetición de eventos ya analizados.
- g. Eventos críticos

**NOTA: No todas las alertas deben generar un análisis de confiabilidad, cada analista deberá verificar antes de iniciar el análisis la viabilidad y oportunidad del mismo.**

Los criterios se explican en detalle en la Segunda Parte del Manual de Confiabilidad “Gestión de Información”, excepto eventos críticos, el cual se explica a continuación:

**EVENTOS CRÍTICOS:** es una falla o evento de mantenimiento que por su naturaleza cuando ocurre representa una afectación grave a la seguridad operacional en vuelo o en tierra. Son catalogados como eventos críticos los considerados en la Forma FAC4-216T “Informe de Evento Crítico” (ver anexo B). Una vez ocurra un evento de este tipo, el analista de Confiabilidad debe diligenciar la Forma FAC4-216T, con el fin de:

- a. Dejar registro de lo sucedido.
- b. Brindar información a los diferentes entes sobre cómo ocurrieron los hechos.
- c. Determinar el nivel de riesgo para la operación de la aeronave o aeronaves del mismo tipo.
- d. Determinar si son procedentes las acciones preventivas a seguir.

Luego de ocurrido el evento, el analista de confiabilidad tiene un lapso de máximo tres (3) días para enviar a el AING – Confiabilidad Aeronáutica dicho Informe de Evento Crítico (IEC) vía Outlook; el AING – Confiabilidad Aeronáutica registra y asigna el respectivo

Código de IEC y retorna esta información a la SECOA para que, posterior a esto, el analista lo registre en la Forma FAC4-218T “Control de Eventos Críticos Anexo D” y con el análisis de la evidencia se debe evaluar la pertinencia de iniciar o no, el respectivo análisis.

Cualquier comportamiento anormal de los demás parámetros, deberá generar una alarma para iniciar un análisis de confiabilidad, el comportamiento anormal es identificado de acuerdo con las instrucciones dadas en el Manual de Confiabilidad, Segunda Parte.

Los análisis de confiabilidad por Evento Crítico deberán ser socializados con el personal del DESOP correspondiente, quien analizará el índice de riesgo para la operación y realizará seguimiento al cumplimiento e impacto de las recomendaciones en la seguridad operacional del equipo objeto de estudio.

## **6.4 Definición de viabilidad, oportunidad y priorización de análisis**

### **6.4.1 Viabilidad**

La aplicación de una técnica de confiabilidad para la realización de un análisis es un trabajo que requiere de recursos, por lo cual, antes de iniciar un análisis, se debe tener en cuenta su viabilidad.

La viabilidad es la condición que evalúa la conveniencia de realización del análisis, atendiendo la relación que existe entre los recursos empleados para hacerlo y aquellos de los que se dispone. Adicionalmente, se deben tener en cuenta los beneficios que se alcanzarán al implementar las recomendaciones del análisis.

Lo anterior se logra haciendo una relación de lo que el analista:

- a. Requiere para hacer el análisis (información, software, conocimiento, laboratorios, tiempo, personal, etc.).
- b. Lo que tiene (información, software, conocimiento, laboratorios, tiempo, personal, etc.)
- c. Lo que va a lograr (el impacto del análisis en determinada flota, aeronave sistema o componente, proceso, dependencia, etc.). El

analista, con el apoyo de los inspectores y especialistas, debe tener en cuenta los procedimientos estándar de solución de fallas, establecidos en los manuales, si la falla se identifica y se corrige con un procedimiento de caza fallas y no se repite, en este caso el impacto de hacer un análisis no es importante. En cambio, si la falla se identifica y se corrige ya sea por intermedio de un caza fallas o por experiencia de los especialistas, pero esta vuelve a repetirse, y no es claro o no se tiene certeza de cuál es la causa que la está generando, es necesario iniciar el análisis, para encontrar la verdadera causa raíz y evitar que se estén haciendo correcciones que no llevan a una solución definitiva que solo ataca los síntomas.

- d. Si la falla obedece a un evento crítico y adicionalmente está relacionada con un factor mantenimiento, se debe iniciar de inmediato el análisis.

Se considera un análisis viable aquel en el que los recursos demandados para desarrollarlo están disponibles y los beneficios que se podrían lograr son considerados factibles, fáciles de identificar y no se puedan lograr con un procedimiento diferente a un análisis de confiabilidad.

### **6.4.2 Oportunidad**

Adicional a la viabilidad del análisis, se debe tener en cuenta su oportunidad, es decir, que se haga en el momento que se requiere.

La oportunidad de realización de un análisis no se puede establecer como una regla general que aplique para todos los análisis. Para cada caso existe una condición o un conjunto de condiciones distintas, por lo tanto, dependiendo del evento a analizar, es responsabilidad de cada analista verificar la circunstancia favorable o el momento adecuado u oportuno para hacerlo.

Claramente, ese momento favorable no debe ser mucho después de que un evento o falla ocurra (más de 01 mes) o después de que ocurran eventos similares que generan un desgaste a la institución en cuanto a recursos tales como mano de obra, repuestos entre otros.

**NOTA: Todo analista de confiabilidad deberá encaminar sus esfuerzos a la realización de análisis de confiabilidad, cuando se presente una alerta de análisis, en el caso de que no sea necesario realizar el análisis, el analista deberá soportarlo muy bien y reportarlo a el AING – Confiabilidad Aeronáutica, de manera escrita, mediante un oficio firmado o por intermedio del Outlook de forma oficial.**

### **6.4.3 Priorización**

En el caso de que un analista tenga, al mismo tiempo, varios análisis en desarrollo y no cuente con los recursos para trabajarlos simultáneamente, deberá priorizarlos; la priorización de estos análisis depende de la gravedad (en términos de seguridad operacional) del evento o falla ocurrida, de los beneficios por lograr al término del análisis, del tipo de misión afectada por la falla o evento, de la recurrencia del evento y de la exigencia de la organización por resultados. Teniendo esto en cuenta, cada analista debe estudiar estos cinco (5) criterios y ponderarlos de acuerdo con la naturaleza propia de su Unidad o GRUTE.

Por ejemplo: para CATAM, la misión más importante es la de transporte, por lo tanto, si se están desarrollando dos análisis que no tengan implicaciones en la seguridad operacional, uno de C-130 y otro de un King de inteligencia, se podrá definir que el análisis de C-130 tiene prioridad sobre el del King. No obstante, en Unidades como CACOM-3, cuya misión primaria no es transporte, un análisis de un C-95 de transporte probablemente no tendrá la prioridad sobre un análisis de un SR-560 de inteligencia.

Lo más recomendable en este caso es que cada SECOA construya su matriz de priorización de análisis teniendo en cuenta estos cinco (5) criterios y la ponderación correspondiente, dependiendo de lo que el analista establezca en el contexto de su base para sus equipos y tipos de misión.

## **6.5 Criterios recomendados para la definición de la técnica a utilizar**

El analista decidirá cuál técnica de análisis de confiabilidad es la que se debe aplicar a cada caso de falla o evento no deseado en particular; esta decisión dependerá de los siguientes criterios:

- a. Información disponible (cantidad, calidad).
- b. Objetivo del análisis.
- c. Naturaleza del componente, sistema, aeronave u flota (hard time, on condition, TBO).
- d. Implicaciones a la seguridad operacional, disponibilidad, mantenibilidad, costos asociados y afectación a la operación por la ocurrencia del evento.
- e. Comportamiento de falla.
- f. Modo de falla.

Como primera medida se debe determinar el riesgo asociado de la ocurrencia del evento de acuerdo a lo descrito en el literal d, para lo cual se realiza un análisis de criticidad y dependiendo del nivel de isoriesgo, (muy alto/RCA, alto/RCM y/o FMEA, medio/Probabilistas, bajo/Crow Amssa y muy bajo/realizar seguimiento), se recomienda una metodología de análisis.

Así mismo, para definir el método o herramienta a utilizar, se debe tener en cuenta el objetivo del análisis, por lo que el analista debe plantear para qué va a realizar el análisis, dependiendo de la respuesta se puede ir identificando la técnica. Por ejemplo, si un analista pretende identificar las posibles causas y factores contribuyentes para la ocurrencia del evento, con el fin de generar recomendaciones que minimicen la probabilidad de ocurrencia del evento, sería fácil concluir que lo que hay que aplicar es un RCA, mientras que, si lo que se quiere es disminuir la probabilidad de que ocurra y administrar la falla realizando actividades de mantenimiento periódicas, entonces la herramienta que aplicaría sería WEIBULL.

Sin embargo, no en todos los casos en los que se cuenta únicamente con el objetivo del análisis se puede definir la técnica a utilizar, ya que en muchas ocasiones el analista se encontrará, por ejemplo, con eventos a los que le quiere disminuir su probabilidad de ocurrencia,

pero que no corresponden al mismo modo de falla, por lo cual, no podrá aplicar WEIBULL. En este caso, también hay que tener en cuenta la información disponible de la falla y dependiendo de ella, el analista tendrá que verificar qué otra técnica puede utilizar. Para el objetivo inicial de este caso, podría ser un Crow-Amsaa o crecimiento de confiabilidad.

En este ejemplo, se observa cómo tres de los criterios relacionados al inicio tienen que ser tomados en cuenta, de la misma forma, el analista debe tener presente los demás criterios. La experiencia y capacidad del analista en la identificación del evento o falla, su información, sus consecuencias, comportamiento, tratamiento, etc. juegan un papel muy importante para la toma de esta decisión. Otros criterios que se deben contemplar son:

El comportamiento de falla, el cual hace referencia a la naturaleza con la que se está presentando la falla y cómo esta puede ser modelada con distribuciones de probabilidad o identificar que es una falla aleatoria.

Si es una falla aleatoria, entonces, también deben tomarse en cuenta las implicaciones en la seguridad operacional. Si la afecta, se deberá aplicar un RCA, si no la afecta, se podrán realizar simulaciones MONTECARLO o simplemente no analizar, pero si se identifica mortalidad infantil, en consecuencia, lo recomendable es hacer el RCA, en caso de que solo se presente desgaste, se podrá realizar WEIBULL o CROW-AMSSA a fin de determinar un intervalo óptimo de cambio o reparación.

La naturaleza del componente también es importante. No es lo mismo analizar un componente con tiempo de vida útil Hard-Time o TBO a un componente por condición, especialmente en el caso de análisis estadísticos como el diagrama de Pareto o en el cálculo de algunos indicadores como MTBF.

A manera de recomendación, a continuación, se exponen algunas pautas para facilitarle al analista la definición de la técnica a utilizar:

Si existen varias fallas que corresponden al mismo modo de falla y se tiene la información de las horas o tiempo transcurrido entre cada falla, se recomienda utilizar WEIBULL.

Si el evento o falla se presenta solo una vez, pero tiene un gran impacto en la seguridad operacional de la aeronave, se recomienda aplicar RCA.

Si las fallas o eventos son recurrentes y no se dispone de información de horas o tiempo entre las fallas, se recomienda utilizar RCA.

Si las fallas o eventos son recurrentes, se dispone del tiempo entre fallas y las fallas corresponden a varios modos de falla diferentes, se recomienda utilizar Crow-Amsaa o Crecimiento de confiabilidad.

Si se quiere verificar la efectividad de una acción o el comportamiento de una flota, aeronave, sistema y/o equipo en particular, se recomienda utilizar Crow-Amsaa o Crecimiento de confiabilidad.

Si se quiere identificar sistemas y/o componentes con mayor número de fallas sin importar si corresponden al mismo modo de fallas, se recomienda utilizar PARETO.

Si se quiere establecer una nueva tarea de mantenimiento u optimizarla, se recomienda utilizar RCM.

Si se dispone de información de un solo evento de falla para un modo de falla en especial se recomienda hacer un Weybayes (técnica de análisis de Weibull de un parámetro para la cual se debe asumir un valor del parámetro Beta y que este sea razonablemente acertado para el caso en particular).

Si se hace un análisis de Weibull y la información del parámetro beta no da un indicio claro de la Causa que originó la falla y por su naturaleza se requiere conocer las causas se debe iniciar un RCA.

Si se inicia un RCA a eventos crónicos o recurrentes y se requiere contar con más evidencia para validar o desvirtuar las diferentes

hipótesis y dichos eventos corresponden a un mismo modo de falla se puede hacer o complementar con un Weibull para que la información de los parámetros Beta y eta apoyen dicha investigación.

Los análisis de tipo IDEF y RBD también podrán ser aplicados cuando el analista justifique su aplicación y cuando se disponga de toda la información requerida.

Es importante mencionar que en muchos casos se hace necesaria la utilización de más de una metodología de análisis, debido a la complejidad del evento o la obsolescencia de los componentes analizados, los cuales no cuentan con un programa de mantenimiento por parte del fabricante y se hace necesario la generación del mismo por parte del operador.

En la práctica, el analista puede combinar varias técnicas de análisis, por ejemplo, en el caso de que se requiera descartar o validar una hipótesis de un análisis RCA, aplicando la técnica de WEIBULL o al contrario, que al aplicar WEIBULL o Crow-Amsaa se identifique situaciones que requieran ser analizadas con RCA.

## **6.6 Solicitud de inicio de análisis y asignación de código**

El AING – Confiabilidad Aeronáutica tiene la responsabilidad de llevar un estricto control de todos los análisis nivel I y II que realizan las Unidades, en lo concerniente a su estado y avance. Para ello, se establece que todo análisis debe ser codificado, el código de los análisis será emitido por El AING – Confiabilidad Aeronáutica para nivel I y por las secciones de confiabilidad de cada unidad para los de nivel II y es responsabilidad de cada Jefe de SECOA solicitar un código de análisis antes de iniciarlo.

La codificación de los análisis de nivel uno (1) será como se describe a continuación:

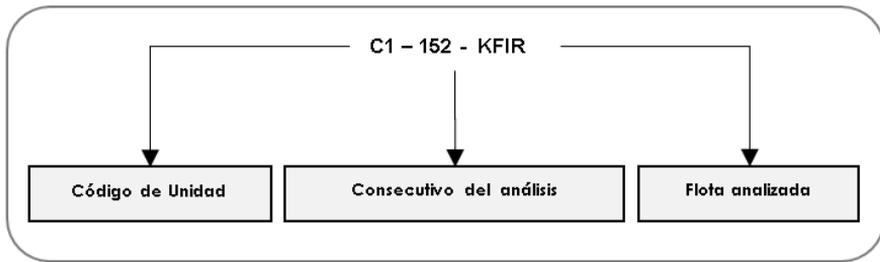


Figura 15. Ejemplo de codificación de las unidades  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

UNIDAD	CODIGO
CACOM-1	C1
CACOM-2	C2
CACOM-3	C3
CACOM-4	C4
CACOM-5	C5
CACOM-6	C6

UNIDAD	CODIGO
CATAM	CT
CAMAN	CM
EMAVI	EM
GACAS	GK
GAORI	GO
GACAR	GC

Figura 16. Código de las unidades  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

**El consecutivo del análisis:** será dado por el AING – Confiabilidad Aeronáutica, teniendo en cuenta el conteo de todos los análisis realizados por las diferentes Unidades Aéreas.

**La flota analizada:** corresponde a la flota a la que pertenece la aeronave que se le realiza el análisis. Cuando el análisis afecte varias flotas, se dejará relacionada la flota de mayor relevancia según criterio de la Unidad. Si el análisis afecta todas las flotas de la Unidad, entonces la flota analizada se reemplazará por el nombre de la Unidad Militar, ejemplo “CATAM”.

Se entenderá que cuando un analista solicite un código para un análisis, al mismo tiempo está informando al AING – Confiabilidad Aeronáutica, el inicio del mismo. Esta solicitud se podrá realizar por cualquier medio (Outlook, correo personal, oficio o radiograma escrito) al personal de la sección de Análisis del AING – Confiabilidad Aeronáutica, quien tendrá la obligación de emitir el código e incluir el análisis con su fecha de inicio y demás información en el cuadro de control de análisis FAC4-220T.

**NOTA: Ningún análisis de confiabilidad nivel 1 podrá ser iniciado sin su respectivo código. Para el caso de los análisis Nivel 2, se establece que cada SECOA deberá tener un control que será verificado en las auditorías que realice el AING – Confiabilidad Aeronáutica.**

La codificación de los análisis de nivel dos (2) será como se describe a continuación:



Figura 17. Ejemplo de codificación de análisis Nivel 2  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING



## Capítulo 7. Herramientas y técnicas de análisis de confiabilidad

El personal de confiabilidad debe recurrir a algunas herramientas de la ingeniería de confiabilidad para la realización de análisis. Estas herramientas se fundamentan en la teoría existente de estadística y probabilidad; por lo cual, es requisito que los analistas tengan bases teóricas y una formación básica en esta rama antes de aplicar las técnicas.

Los análisis, sin importar la técnica utilizada, son generados con el objeto de dar recomendaciones efectivas y concretas para aumentar los niveles de confiabilidad en las aeronaves FAC.

De acuerdo con las capacidades del personal integrante del equipo de confiabilidad de la FAC, a continuación, se establecen las

instrucciones de aplicación de las técnicas de análisis de confiabilidad.

**NOTA:** Estas instrucciones se establecen como guía para la aplicación de técnicas de confiabilidad en el contexto de la FAC. Si alguna de ellas contradice publicaciones teóricas, estándares mundialmente aceptados militares y civiles, y/o instrucciones de libros de texto sobre una técnica en particular, el analista deberá seguir las instrucciones del segundo grupo de publicaciones.

## 7.1 RCA (Root Cause Analysis)

### 7.1.1 Introducción

El Análisis Causa Raíz<sup>13</sup> es un riguroso método de solución de problemas para cualquier tipo de falla, el cual utiliza una lógica sistemática y un árbol lógico para establecer las causas raíces de las fallas. El árbol de fallas consiste en una representación visual de un evento de falla, para el cual se proponen hipótesis probables que pudieron desencadenar el evento, dichas hipótesis se deben refutar o probar mediante evidencia, esta metodología se debe seguir hasta encontrar la mayor cantidad de factores contribuyentes y causas raíz.

Esta técnica de análisis permite aprender de las fallas y eliminar las causas, en lugar de corregir los síntomas.

El Análisis de Causa Raíz se emplea en fallas crónicas o recurrentes, así como en fallas esporádicas e imprevistas que paralizan la aeronave por periodos prolongados, accidentes o incidentes, o fallas graves poco frecuentes en los sistemas y/o componentes que representan un riesgo muy alto para la institución.

Así mismo, permite la identificación de causas de gestión asociadas a la función de mantenimiento como entrenamiento deficiente y procedimientos operativos inadecuados.

### 7.1.2 Metodología del Análisis Causa Raíz

---

<sup>13</sup>(RCA, por sus siglas en inglés)

**7.1.2.1 Instrucciones generales:** El analista de confiabilidad debe recolectar y organizar toda la información que soporte la existencia del hecho, (alarma de análisis, estudio de viabilidad y oportunidad del análisis, información de la falla o evento). Él será el facilitador del análisis, por lo cual, tendrá una serie de funciones y responsabilidades.

**7.1.2.2 Funciones y responsabilidades de facilitador del proceso Análisis de Causa Raíz:** El asesor analista de confiabilidad (AING o SECOA) en el proceso de Análisis de Causa Raíz cumple la función de facilitador y como tal cumple las siguientes tareas.

- a. Orienta el proceso RCA en todas sus fases.
- b. Solicita a DILOA y/o GRUTE el personal que requiera para conformar el equipo de trabajo.
- c. Administra las técnicas y herramientas de Confiabilidad que requiera el equipo de trabajo.
- d. Elabora y Administra el Cronograma del RCA.
- e. Consolida la información pertinente al RCA.
- f. Lleva el Control de las asignaciones individuales a los miembros del equipo de trabajo.
- g. Coordina el espacio físico y de tiempo para efectuar las reuniones de análisis.
- h. Programa y controla el orden del día en cada reunión, así como la participación de cada integrante.
- i. Informa al personal integrante del grupo de trabajo sobre los cambios en el cronograma y al Comandante de Grupo sobre cualquier extensión en el mismo.
- j. El facilitador de la Sección de Confiabilidad debe mantener una comunicación permanente con su equipo asesor en DILOA-

---

AING con el fin de garantizar la celeridad requerida en el análisis del evento.

- k. Verifica tanto el correcto registro de la información en el informe final del RCA como la veracidad del contenido del mismo, en la forma FAC4-217T.
- l. El Facilitador del RCA orienta al grupo sobre la metodología de análisis, sin direccionar el resultado final del mismo, el cual debe ser síntesis del consenso del equipo de trabajo sobre la evaluación del aporte de información y experiencia de cada individuo integrante, soportado con evidencia y ciencia.
- m. Efectúa la presentación del RCA y entrega el informe final, el cual debe consolidar las conclusiones, causas encontradas y las recomendaciones que evitarán la recurrencia del mismo. Este informe debe oficiarse con las firmas de cada uno de los integrantes del equipo de trabajo.
- n. Registra el cierre y entrega del análisis de confiabilidad para su control y posterior consulta.
- o. Hace seguimiento a las recomendaciones, midiendo su efectividad mes a mes, comparando el indicador de medición relacionado, de acuerdo con las instrucciones dadas en el Manual de Confiabilidad, Cuarta Parte “Evaluación y seguimiento”.

**7.1.2.3 Conformación del Equipo de Análisis:** El facilitador es el encargado de conformar su equipo de análisis, equipo que deberá ser un grupo multidisciplinario de personas cuya selección depende del conocimiento y experiencia del personal y de la especialidad o naturaleza del evento a analizar, por ejemplo: si el análisis es de una falla de un servo hidráulico, es evidente que en el grupo deberá existir por lo menos un especialista de hidráulicos. Para este efecto el analista-facilitador debe solicitar por escrito al Comandante de GRUTE la asignación del personal requerido para la conformación del equipo.

El nombramiento del equipo se debe realizar por acto administrativo y/u orden escrita (acta, orden del día, orden escrita mediante oficio etc.). Se recomienda que el equipo sea conformado por el siguiente personal:

- a. **Confiabilidad** – Facilitador.
- b. **Ingeniería** – Asesor Especialista.
- c. **Calidad** – Inspector de Equipo o Aeronavegabilidad.
- d. **Escuadrón de Mantenimiento** – Especialistas u operarios.

En caso de requerirse, el facilitador podrá incluir personal de las dependencias que considere necesarias (abastecimientos, armamento aéreo, planeación, producción, etc.) y/o solicitar al Grupo Operativo (combate o transporte) la asistencia de un Piloto Operacional o de Pruebas.

El número de personas también dependerá de la complejidad del análisis, se recomienda un máximo de seis (6) miembros y un mínimo de tres (3) (facilitador, especialista e inspector.). En caso de que el análisis sea de muy poca complejidad y el analista considere que lo puede realizar sin la colaboración de más miembros, podrá realizarlo como único miembro del equipo.

**7.1.2.4 Reunión de Apertura de RCA:** El Facilitador da inicio a la reunión de apertura, presentando la información del evento y evidencia recolectada hasta el momento, se establece el objetivo del análisis, se fija el alcance y el nivel de participación y de aporte de cada integrante del equipo, se definen roles y responsabilidades.

**NOTA:** En esta reunión es clave que el facilitador haga una breve explicación del método de análisis RCA a los miembros del equipo y que manifieste que es su responsabilidad la coordinación de tareas y entregables.

También se establecen las hipótesis, se inicia con la elaboración del árbol de falla y se aprueba el cronograma del análisis.

#### **7.1.2.5 Análisis – Árbol Lógico de Falla**

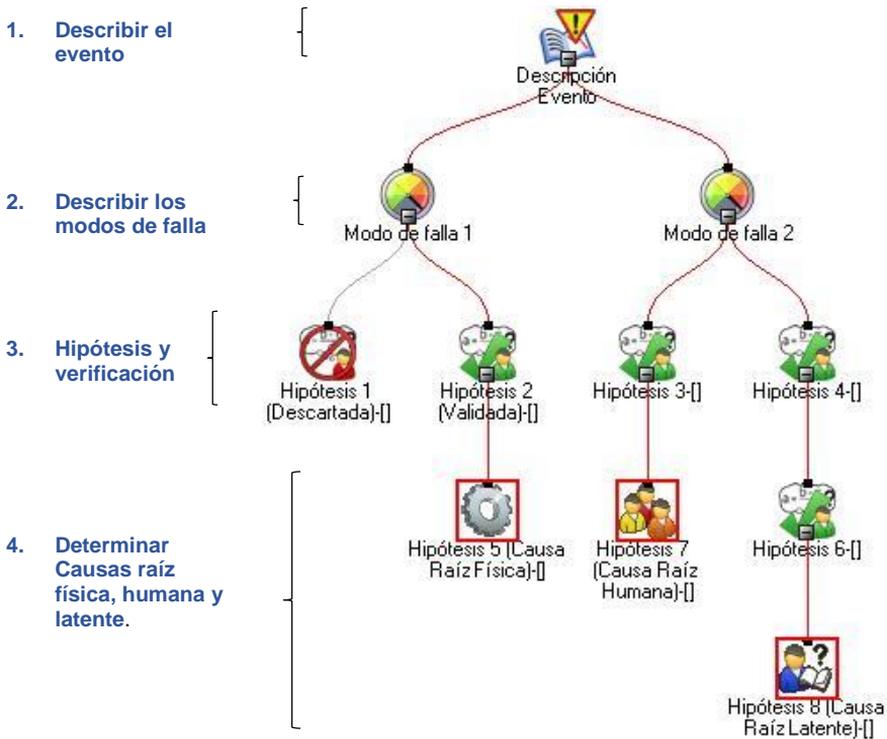


Figura 18. Símbolos del Árbol de Falla  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

El análisis continúa con la construcción estructurada del árbol lógico de fallas. Un árbol lógico es una herramienta que usa la deducción para guiar el análisis por los eventos hipotéticos de la falla.

Teniendo en cuenta que al construir el árbol lógico de fallas se va siguiendo una secuencia lógica, donde se emiten hipótesis sobre los hechos que generaron el evento, validándolas o descartándolas por medio de evidencia, hasta llegar a la causa raíz, se debe hacer especial énfasis en la importancia de la evidencia como parte fundamental del análisis.

## Árbol Lógico Análisis Causa Raíz

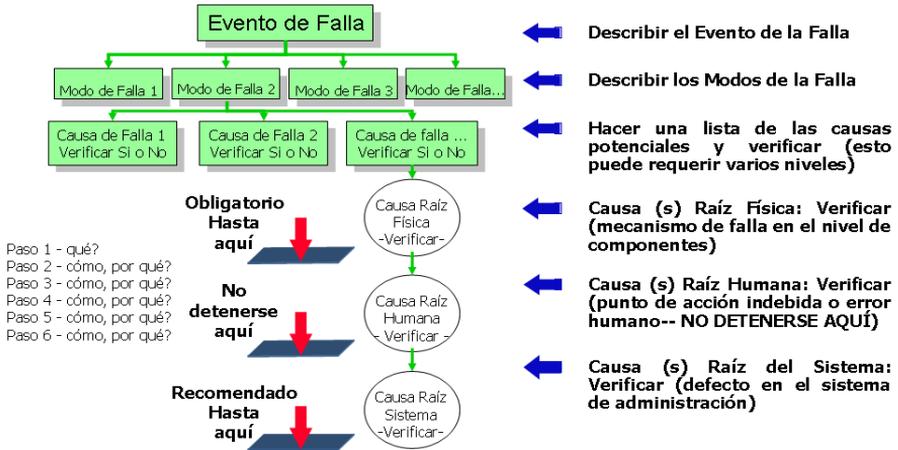


Figura 19. Esquema del árbol lógico de falla  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

Para construir un árbol de falla se deben realizar los siguientes pasos:

- Describir claramente el evento de la falla. Este punto es clave, dado que, si no queda bien descrito el evento, probablemente, el análisis quede con errores. Se recomienda ser lo más claro y simple desde el punto de vista técnico.
- Ejemplo: si el evento es una “fuga de aceite” no hay que describirlo como pérdida de presión o fisura de alguna línea de aceite, simplemente es “fuga de aceite”.
- Definir las hipótesis describiendo todos y cada uno de los modos o causas de la falla. (Primer ¿Por qué?) En este punto deben incluirse todas las posibilidades, no debe dejarse ninguna causa fuera del análisis, por obvia que parezca.
- Hacer una lista de todas las causas potenciales de cada una de las hipótesis ya planteadas (Segundo ¿Por qué?) y verificar con evidencia si pueden ser descartadas o validadas. Este paso puede requerir varios niveles. En este punto es clave la recolección de

- evidencia que niegue o valide una hipótesis; si no existe evidencia, esta podrá ser fabricada con ensayos, inspecciones, entrevistas, etc.
- e. Identificar Causa(s) Raíz Física. (Tercer ¿Por qué?) Cuando la evidencia muestre el mecanismo de falla en el Nivel de Componente.
  - f. Causa(s) Raíz Humana. (Cuarto ¿Por qué?) Cuando la evidencia muestre una acción indebida o error humano.
  - g. Causa(s) Raíz Latente. (Quinto ¿Por qué?) Cuando la evidencia muestre un error u omisión a nivel organizacional, institucional de procesos, prácticas, estándares, etc.

La técnica para construir este árbol de falla corresponde a los 5 porqués, al realizar cada pregunta para establecer hipótesis que luego deberán ser validadas o descartadas con evidencia y ciencia.

En este procedimiento, se debe identificar claramente el evento y todos sus detalles, asociados mediante hechos que los soporten. Los hechos deben soportarse con observación directa, pruebas funcionales, documentación y algunos conceptos de ingeniería; por tal motivo, no pueden ser rumores ni suposiciones.

Durante el proceso de análisis, para la recolección de información y validación de hipótesis, el equipo de análisis se puede soportar en los datos generados por herramientas de confiabilidad como diagramas de Pareto, WEIBULL y CROW AMSAA, las cuales muestran tendencias o comportamientos que servirán para tener indicios de las causas y riesgos posibles.

Cada vez que se genere una hipótesis, el Grupo de Análisis debe establecer las acciones de verificación para su confirmación o descarte, definiendo un responsable para su verificación y realización. La única forma de confirmar o rechazar una hipótesis es por medio de evidencia, considerando que se quiere eliminar la subjetividad de los análisis; por consiguiente, se debe ser muy

cuidadoso en el criterio seleccionado para establecer las acciones de verificación.

En caso de necesitar soporte de información o estudios especializados, se debe hacer un requerimiento a la sección de ingeniería o por intermedio de DILOA al AING, para que apoye con la elaboración de estudios especializados de ingeniería, ya que en algunos casos, se requerirá tercerizar con laboratorios, institutos o universidades especializadas. Una vez realizado el estudio especializado y se tengan los resultados, se debe entregar al equipo de análisis para continuar con el proceso.

**7.1.2.6 Conclusiones:** El analista, junto con el grupo interdisciplinario, redacta un párrafo donde sintetiza las causas raíz y los factores contribuyentes, así como las razones por las cuales se llegó a dicha conclusión.

**7.1.2.7 Recomendaciones:** El grupo interdisciplinario, en cabeza del analista, plantea las diferentes recomendaciones en común acuerdo e insertan un párrafo por cada una de ellas, para mitigar cada una de las causas raíz encontradas en el análisis.

**NOTA:** Una recomendación puede atacar varias causas raíz o varias recomendaciones pueden atacar una sola causa raíz.

**7.1.2.8 Elaboración del análisis en forma FAC4-217T “Informe análisis de evento”:** Luego de finalizado el análisis, el analista principal es el encargado de plasmarlo en la forma (forma FAC4-217T, Anexo C), imprimirlo y enviarlo con firmas por intermedio de un oficio firmado por el Comandante de la Unidad.

**7.1.2.9 Comunicar los resultados del análisis:** Luego de revisado y aprobado el análisis por parte del AING – Confiabilidad aeronáutica, el analista es el encargado de establecer una estrategia para publicar el análisis y sus resultados a toda la organización y, en especial, a los responsables de implementar las recomendaciones para que se genere compromiso (Puede ser mediante juntas técnicas, reunión de oficiales y suboficiales, informes escritos, oficios, etc.)

**7.1.2.10 Replanteamiento del análisis:** En caso de que el análisis y sus recomendaciones no sean efectivos, pudo haber sido por tres (3) razones:

- a. Que las recomendaciones no fueron implementadas y/o efectivas.
- b. Que hubo una identificación deficiente de causas raíz.
- c. Que hubo una definición inapropiada del efecto no deseado.

El analista debe hacer nuevamente el análisis, revisar y redefinir el evento no deseado, plantear de nuevo el árbol de fallas, establecer las nuevas causas raíz y las nuevas recomendaciones, de acuerdo con metodología antes expuesta.

**7.1.2.11 Implementación de las recomendaciones:** La implementación y control sobre las recomendaciones se realizará de acuerdo con las instrucciones dadas en la Cuarta Parte del Manual de Confiabilidad.

## 7.2 Análisis weibull

### 7.2.1 Introducción

El análisis Weibull es una distribución de probabilidad, empleada para determinar la probabilidad de ocurrencia de eventos relacionados a un mismo modo de falla en determinado tiempo de operación, lo cual permite minimizar la incertidumbre y soportar la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento de las aeronaves de la FAC.

Para su aplicación, es necesario tener información relacionada con tiempos de vida o tiempos de falla de equipos y componentes, los cuales son utilizados para construir modelos de las distribuciones de probabilidad que representan el comportamiento de fallas del activo durante su operación.

El análisis Weibull recoge y evalúa datos históricos de falla o reparaciones para ajustarlos a distribuciones de probabilidad. Estas distribuciones representan las características de las fallas o

reparaciones realizadas para un modo particular de falla y pueden ser asignadas al modelamiento de falla; los cuales pueden ser relacionados en un análisis de diagramas de bloques de confiabilidad (Reliability Block Diagrams - RBD).

A cada tiempo de falla se le asocia un valor estimado de probabilidad, cuando se construye la curva de probabilidad es importante verificar los resultados de los parámetros de estimación de ajuste del modelo, por ejemplo, los rangos de medianas (Median Ranks) y el porcentaje estimado del valor-P (%PVE).

El software utilizado para realizar este tipo de análisis de datos es el APM; el cual modela la distribución de probabilidad asociada al comportamiento de los activos aeronáuticos, así mismo determina un modelo matemático y lo representa de forma gráfica con las funciones de probabilidad y probabilidad acumulada.

Con esta información es posible determinar la probabilidad de ocurrencia de un evento similar en un determinado periodo de tiempo, con base en lo cual se deben elaborar estrategias para mitigar la ocurrencia de estos eventos no deseados mediante el mejoramiento de los programas de mantenimiento, y así contribuir con la seguridad operacional.

### 7.2.2 Metodología del Análisis WEIBULL

- a. **Información de fallas.** La información de fallas para el análisis debe ser recolectada cuidadosamente por parte del analista, teniendo en cuenta que corresponda a un mismo modo de falla y los Tiempos para fallar (TTF) o los tiempos entre fallas (TBF) y suspensiones correspondan a la realidad del activo que se quiere modelar.
- b. **TTF y TBF.** Los Tiempos Para Fallar (TTF, por sus siglas en inglés) son tomados para componentes que no son reparables o su mantenimiento es por condición; los Tiempos Entre Fallas (TBF, por sus siglas en inglés) son para componentes reparables.
- c. Las suspensiones son revisiones o inspecciones en las que no se encontró falla dentro del periodo de tiempo del análisis; en APM,

las suspensiones se deben marcar como “Excluido o Censored” de acuerdo con la siguiente tabla (ver fi gura).

Asset ID	TTF	Downtime	Ignore	Remarks	Censored	(HORAS)	(ATZ)	(FALLA)
FAC2453	14	0	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	8.32	14	NO
FAC2453	192	0	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	96.06	206	SI
FAC2453	148	0	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	127.5	354	SI
FAC2452	32	0	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	11.55	32	NO
FAC2452	155	0	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	78.25	187	NO
FAC2452	271	0	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	100	303	NO
FAC2452	420	0	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	128.08	452	SI
FAC2452	149	0	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	161.42	601	NO
FAC2450	609	0	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	149.41	609	NO
FAC2450	759	0	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	190.43	759	NO
FAC2450	907	0	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	217.18	907	NO
FAC2449	454	0	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	149.55	454	SI

Figura 20. Ejemplo de tabla de datos para Weibull  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Para la construcción de la distribución de probabilidad en APM se pueden tener diferentes fuentes de información (generación de una consulta o query, uso de un conjunto de datos existente o incluyendo los datos de forma manual en el software).

La distribución maneja primordialmente dos parámetros, el ETA que es la vida característica (Horas de vuelo, ciclos, aterrizajes, etc.) y el BETA que es el parámetro de forma o la pendiente; este último se interpreta de la siguiente manera:

- **Beta menor que 1:** implica “mortalidad infantil” (sistemas y componentes mecánicos o electrónicos, inicialmente presentan altas ratas de falla. Indica posibles problemas de producción, ensamble, overhaul, control de calidad, confiabilidad humana, calibración de herramienta, instalación, almacenamiento, transporte).
- **Beta igual a 1:** indica fallas aleatorias (errores de mantenimiento, errores humanos, sabotaje. Fallas por causas naturales aleatorias, FOD. Mezcla de 3 o más modos de falla, mezcla de datos de varios modos de falla).
- **Beta entre 1 y 4:** desgaste temprano (indican que el componente se ha desgastado (o fallado) antes del tiempo especificado por el

diseño, fatiga de bajos ciclos, fallas por desalineación de rodamientos, corrosión, etc.).

- **Beta mayor que 4:** indica desgaste por envejecimiento, elementos o componentes que ya cumplieron su tiempo de vida útil (propiedades de los materiales, fragilidad de los materiales, acumulación de tensión).

Los resultados de un análisis de Weibull se constituyen en la justificación para identificar fallas tempranas, aleatorias o por desgaste; por eso, su principal resultado es establecer ciclos de vida o intervalos de mantenimiento a los componentes de las aeronaves. Por ejemplo, se puede identificar la vida característica de un elemento “por condición” y convertirlo en “hard time”. También identifica el inicio de un análisis de otro tipo si su resultado indica fallas tempranas.

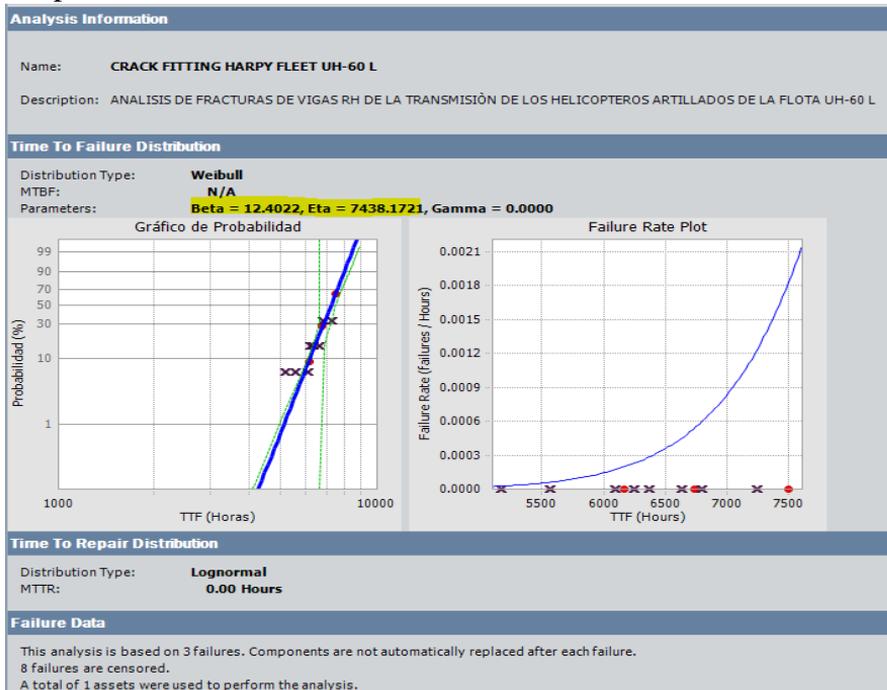


Figura 21. Ejemplo distribución de Weibull  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

## 7.3 Crow Amssa o crecimiento de confiabilidad

### 7.3.1 Introducción

El análisis de CROW AMSAA llamado Crecimiento de la Confiabilidad fue desarrollado por James T. Duane (1981), para medir y analizar el comportamiento de los procesos y estrategias del mantenimiento y determinar la mejora o empeoramiento en la operación y producción de plantas industriales.

El Modelo CROW AMSAA, usualmente, es usado para aplicaciones en plantas de producción, aviones, seguridad operacional, mantenimiento, operaciones, fallas, etc. Tiene la posibilidad de manejar y utilizar datos desviados, omisiones de datos y mezcla de modos de falla.

Como parte integral de la labor de confiabilidad la gestión de las SECOA, GRUTE y toda la organización (Unidad) se mide con el análisis de crecimiento de confiabilidad (CROW AMSAA), el cual se realiza periódicamente (uno cada seis meses) con el número acumulado de fallas y el número acumulado de horas de vuelo del total de aeronaves asignadas a cada Unidad; inicialmente con el objeto de determinar, medir y analizar el estado o el comportamiento de los procesos y estrategias del mantenimiento (Planes y Programas de Mantenimiento); para luego, con base en estos resultados, poder tomar acciones encaminadas a cambiar o modificar dichos procesos y estrategias de mantenimiento, con miras a disminuir la rata de fallas de las aeronaves de la Unidad y de esta forma, mejorar en cada una de las Unidades el alistamiento, disponibilidad y las operaciones que se desarrollan día a día.

Esta técnica permite proyectar en el tiempo la tendencia de crecimiento o decrecimiento del número de fallas, generando diversos escenarios para una adecuada toma de decisiones.

### **7.3.2 Metodología del Análisis CROW AMSAA O Crecimiento de Confiabilidad.**

- a. El CROW AMSAA es un análisis de tendencias que permite evaluar la efectividad de las recomendaciones propuestas por confiabilidad en los análisis.
- b. Deben analizarse solo datos acumulados, tanto horas como fallas, siempre en el formato X (horas), Y (fallas).

- c. Se manejan dos parámetros. El LAMBDA se interpreta como el intercepto de la línea de tendencia con el eje “Y”, por ejemplo, un dato leído en el eje “Y” de  $\lambda = 9.334$  indica que el activo en estudio tiene fallas acumuladas antes de iniciar el análisis, lo cual indica que este componente se encontraba en operación antes del inicio del estudio y había presentado fallas. Este parámetro no tiene una interpretación útil en el modelo y solo se utilizará si se quiere proyectar el comportamiento del activo en el tiempo para realizar el cálculo matemático.
- d. El Parámetro Beta es el factor más importante en este Análisis y se llama también parámetro de forma porque es la pendiente de la línea recta que representa el comportamiento de los datos en la gráfica denominado Rata de Falla.

Interpretación del parámetro Beta:

- **Beta = 1:** La rata de falla se mantiene constante.
- **Beta < 1:** La rata de fallas está disminuyendo.
- **Beta > 1:** La rata de fallas está incrementando.

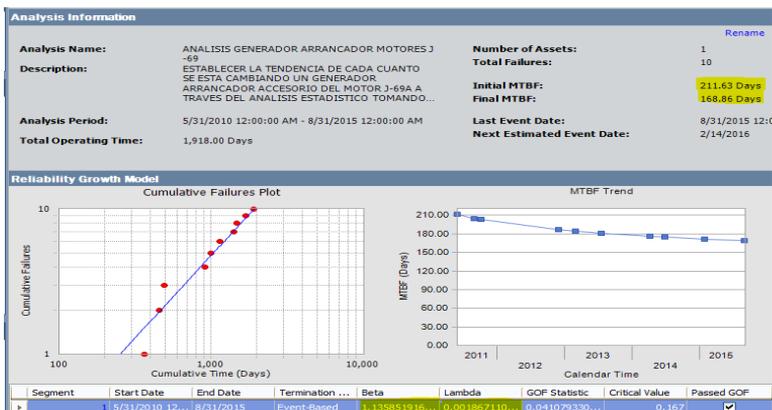


Figura 22. Ejemplo análisis de Crow Amssa  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

## 7.4 Diagramas de Pareto

### 7.4.1 Introducción

Un diagrama de Pareto es el tipo de análisis que permite identificar la frecuencia con la que se presenta un evento y generalmente se representa gráficamente como “una serie de barras donde las alturas reflejan la frecuencia o impacto de los problemas. Las barras son ordenadas en orden descendente de alturas de izquierda a derecha. Esto significa que las categorías representadas por las barras altas en la izquierda son relativamente más significativas que las de la derecha”. El diagrama toma su nombre del Principio de Pareto, quien postula que el 80 por ciento de los problemas es generado por el 20 por ciento de los activos. Para nuestra organización, quiere decir que el 80% de los problemas de mantenimiento, indisponibilidad o inseguridad se está generando por el 20% de los eventos o fallas en las aeronaves.

Un diagrama de Pareto es una buena herramienta para usar cuando los procesos que se están investigando producen datos que pueden ser clasificados en categorías y que se les puede contabilizar el número de veces que cada categoría ocurre. En general, los equipos de mejoramiento deben enfocar, primero, su atención sobre los problemas más grandes – aquellas barras con mayores alturas.

#### **7.4.2 Metodología del Análisis del Diagrama de Pareto**

El análisis del diagrama de Pareto se usa especialmente para eventos o fallas recurrentes o crónicas, para que, en el momento de iniciar un análisis, se pueda priorizar o saber qué fallas elegir o escoger para iniciar dicho análisis.

El analista de confiabilidad es el encargado de recolectar, organizar y categorizar los datos.

De acuerdo con el objeto del análisis, se deben seguir los siguientes pasos:

- a. Seleccione una categoría para los datos (por Bases, Aeronaves, Sistemas, Subsistemas y componentes o equipos).

- b. Seleccione el efecto de la categoría que se quiere cuantificar de acuerdo con el objeto del análisis (costos, cantidad de fallas, MTBF, TTF, TTR, etc.).
- c. Determine la frecuencia de ocurrencia en las categorías (utilice una consulta en APM o la base de datos de los indicadores).
- d. Calcule el efecto de cada uno de los elementos de las categorías.
- e. Organice los datos en orden descendente según el valor del efecto.
- f. Totalice el valor de los efectos.
- g. Calcule el valor acumulado de los efectos y el porcentaje acumulado.
- h. h. Seleccione los datos que cubran aproximadamente el 80% del valor acumulado (de costos, cantidad de fallas, MTBF, TTF, TTR, etc.).
- i. El 20% de esos elementos que le generaron el 80% del valor acumulado son el objeto de análisis (categoría), los cuales pueden ser: (el 20% de las Bases, Aeronaves, Sistemas, Subsistemas o componentes).

Datos Ordenados:

DATOS ORDENADOS	ACUMULADO	
	Sistemas	Cant. De Fallas
21	31	19,4%
33	23	33,8%
32	19	45,6%
72	17	56,3%
34	14	65,0%
61	13	73,1%
52	10	79,4%
27	8	84,4%
22	6	88,1%
23	2	89,4%
24	2	90,6%
25	2	91,9%
26	2	93,1%
30	2	94,4%
31	2	95,6%
53	2	96,9%
56	2	98,1%
28	1	98,8%
39	1	99,4%
43	1	100,0%

Figura 23. Ejemplo datos ordenados

Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

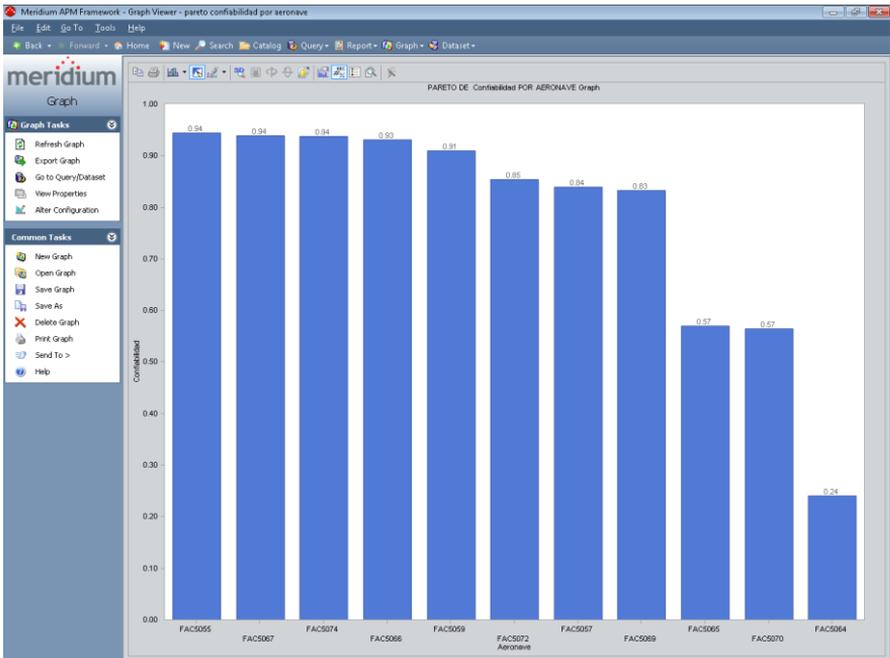


Figura 24. Ejemplo diagrama de Pareto

Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

El sistema de administración de activos APM ofrece la posibilidad de automatizar diagramas y tablas de Pareto por intermedio de queries o consultas. Se recomienda que cada una de las SECOA, en las Unidades, diseñe y establezca sus diagramas de Pareto con esta herramienta, para que cuando se requiera una información en particular, esta esté a un clic de distancia.

**NOTA:** Hasta este punto se han explicado las herramientas de confiabilidad más utilizadas en la FAC. En los siguientes puntos se hará una breve explicación de otras herramientas que se usan en el mundo de la confiabilidad; estas se usarán de acuerdo con la capacidad de cada analista.

## 7.5 RBD (Reliability Block Diagram)

### 7.5.1 Introducción

También llamado análisis de bloques de confiabilidad. Es una técnica que permite modelar sistemas físicos, organizacionales, gerenciales, entre otros. Es una forma de Análisis de Confiabilidad que emplea cajas interconectadas denominadas bloques, para:

- a) Describir la dependencia en términos de confiabilidad de los componentes de un sistema.
- b) Analizar los efectos del desempeño de un componente en el sistema total.

Para realizar este tipo de análisis, es importante tener claro que existen dos escenarios: cuando se estudia la confiabilidad de un sistema compuesto por componentes, la falla de alguno de ellos hace que todo el sistema deje de funcionar; en este caso, se dice que los componentes están en serie. En caso de que la falla de un componente particular no afecte el funcionamiento total del sistema, dado que otros componentes continúan funcionando, se dice que están conectados en paralelo.

Dependiendo del tipo y de la complejidad del sistema, se deber realizar una serie de relaciones matemática. Para calcular las confiabilidades de sistemas simples, se aplican las fórmulas de estructuras en serie o en paralelo. Para sistemas más complejos, se deben tener otras consideraciones; se recomienda al analista

consultar fuentes teóricas y estándares militares en caso de que se requiera hacer un análisis RBD.

### 7.5.2 Datos para Construcción de RBD

Los RBD son desarrollados, generalmente, a partir de un Diagrama del Sistema.

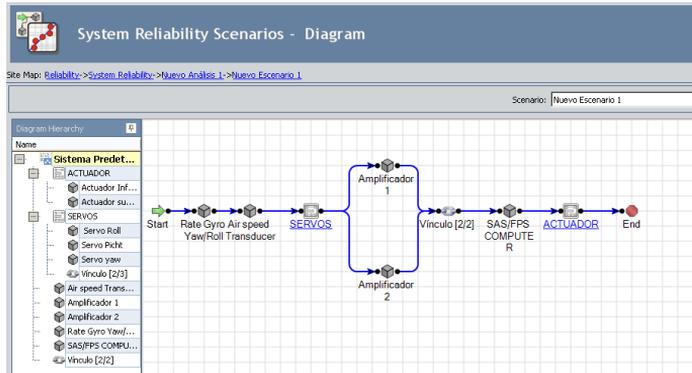


Figura 25. Ejemplo de diagrama de un sistema simple RBD  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

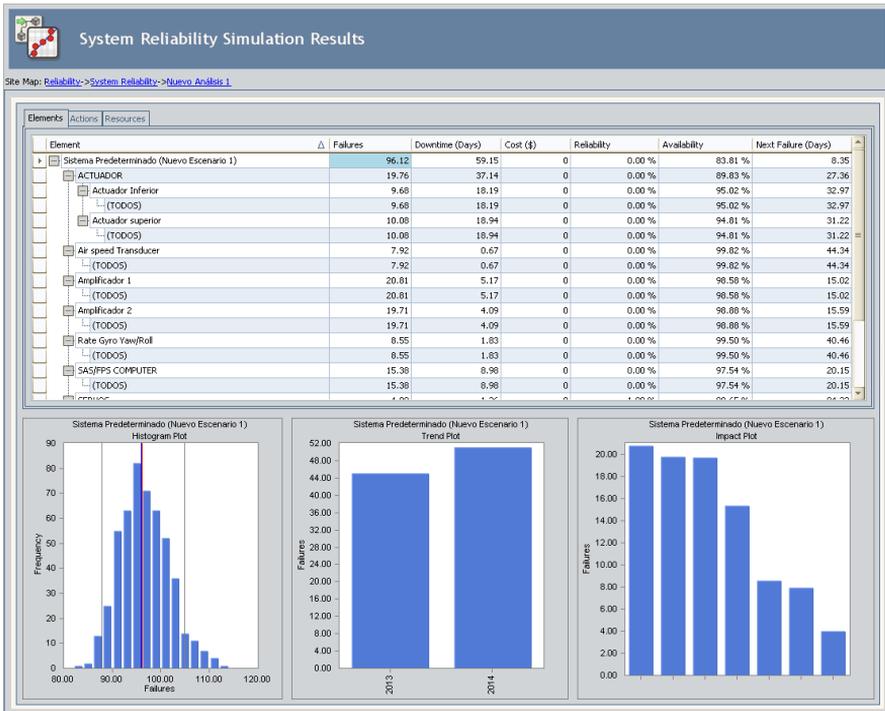


Figura 26. Ejemplo de simulación de confiabilidad del sistema  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Deben corresponder a la definición que se tenga de lo que constituye una falla para el sistema. Por lo tanto, un RBD para un mismo sistema puede diferir si, en un determinado análisis, se determina de manera distinta qué constituye una falla.

Deben conocerse y acordarse las fuentes de los datos por parte del equipo. Estas pueden ser datos internos de confiabilidad (moldeamiento de comportamientos), es decir, que se conocen los valores de MTBF y de confiabilidad de cada uno de los componentes del sistema; o datos de confiabilidad de referencia generalmente aceptada como estándares y normas (MIL-HDBK-217, NAVAIR, etc.)

Actualmente, el sistema APM permite hacer este tipo de análisis a sistemas aeronáuticos de la FAC (ver la Quinta Parte del Manual de Confiabilidad).

### 7.6 RCM- FMEA-MSG3

### 7.6.1 Introducción

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad<sup>14</sup> es un proceso usado para determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos fijos, en su contexto operacional. En la industria Aeronáutica está definida una metodología para el desarrollo de programas de mantenimiento bajo este proceso, llamado MSG-3 (ATA MSG-3, 2009).

	Valor(es)
ID del Sitio	CATAM
ID de la Unidad	C-130
ID del Sistema	C-130 - ATA 3210
Tipo del Sistema	Tren de Aterrizaje Principal LH y RH de C-130
Descripción Amplia del Sistema	Las aeronaves tipo C-130 "Hercules", constiuyen uno de los modelos de aeronaves de carga pesada más importantes de la Fuerza Aérea Colombiana, razón por la cual, componentes como el tren de aterrizaje se convierten en uno de los sistemas críticos, del cual depende en gran medida el éxito de las operaciones.
Notas del Sistema	
Descripción del Límite del Sistema	El presente análisis, analiza las funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de los componentes principales del tren de aterrizaje principal de C-130, basados en conocimiento de la metodología de RCM-FMEA, en la experiencia obtenida en la operación de este tipo de aeronave por parte de la FAC y en la identificación de los modos de falla más críticos.
Número de Plano Primario del Sistema	1C-C-130H-2-32JG-20-1
Criticidad del Sistema	Alto
Bases de la Criticidad del Sistema	Análisis de la Criticidad del Sistema
Sitio de Referencia	

Figura 27. Definición de análisis RCM  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

El proceso de RCM implica responder siete preguntas acerca de los activos o sistemas bajo revisión:

- ¿Cuáles son las funciones y estándares asociados al desempeño de los activos o sistemas en el contexto operativo actual?
- ¿Cuáles son las fallas probables y experimentadas por los activos?

<sup>14</sup>RCM, por sus siglas en inglés

- c. ¿Qué causa cada falla funcional?
- d. ¿Qué pasa cuando cada falla ocurre?
- e. ¿Cómo se manifiesta cada falla?
- f. ¿Qué se puede hacer para predecir o prevenir cada falla?
- g. ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva y apropiada no se puede encontrar?

### 7.6.2 Funciones y Estándares de Desempeño

Para determinar bien las funciones de nuestros activos, se debe determinar qué es lo que los usuarios quieren, para qué fue diseñado el activo y cuál es su objeto. Esta es la razón por la cual, el primer paso del RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los estándares de desempeño asociados y deseados.

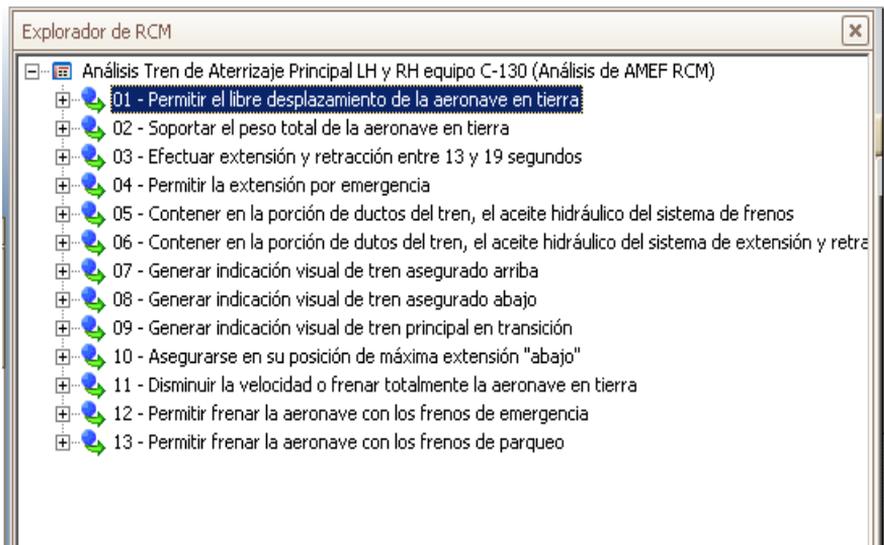


Figura 28. Ejemplo de funciones del equipo a analizar  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

### 7.6.3 Fallas Funcionales

La única ocurrencia que puede llevar a parar el desempeño, bajo los estándares requeridos por los usuarios, es la suscitación de una falla. Esto sugiere que mantenimiento logra sus objetivos adoptando un adecuado enfoque de administración de fallas. El proceso de RCM tiene dos niveles:

- a) Primero, identificar qué circunstancias llevan al estado de falla.
- b) Segundo, preguntar qué eventos pueden causar que el activo llegue al estado de falla.

Además de la incapacidad total del activo para efectuar su función, también se deben tener en cuenta las fallas parciales, donde los activos aún funcionan, pero no a un nivel aceptable.

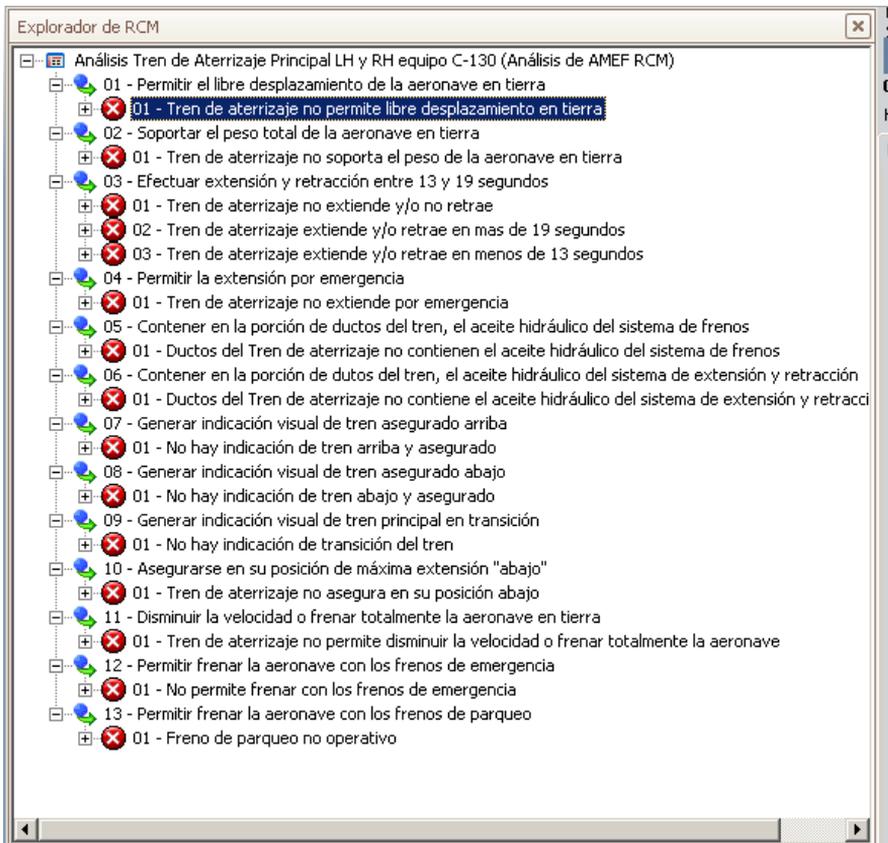


Figura 29. Ejemplo de falla funcional

Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

## 7.6.4 Modos de Falla

Una vez que cada falla funcional haya sido identificada, el próximo paso es identificar las causas de cada falla.

Las listas más tradicionales de modos de fallas incorporan fallas causadas por el deterioro normal, desgaste y rotura. Sin embargo, la lista debería incluir las fallas ocasionadas por los errores humanos (operador y mantenimiento), y defectos de diseño, de tal manera que todas las causas razonablemente probables de las fallas en los equipos puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente. Igualmente, es importante identificar la causa de cada falla al detalle requerido, para asegurarse de que tiempo y esfuerzo no se pierdan intentando tratar síntomas en lugar de causas.

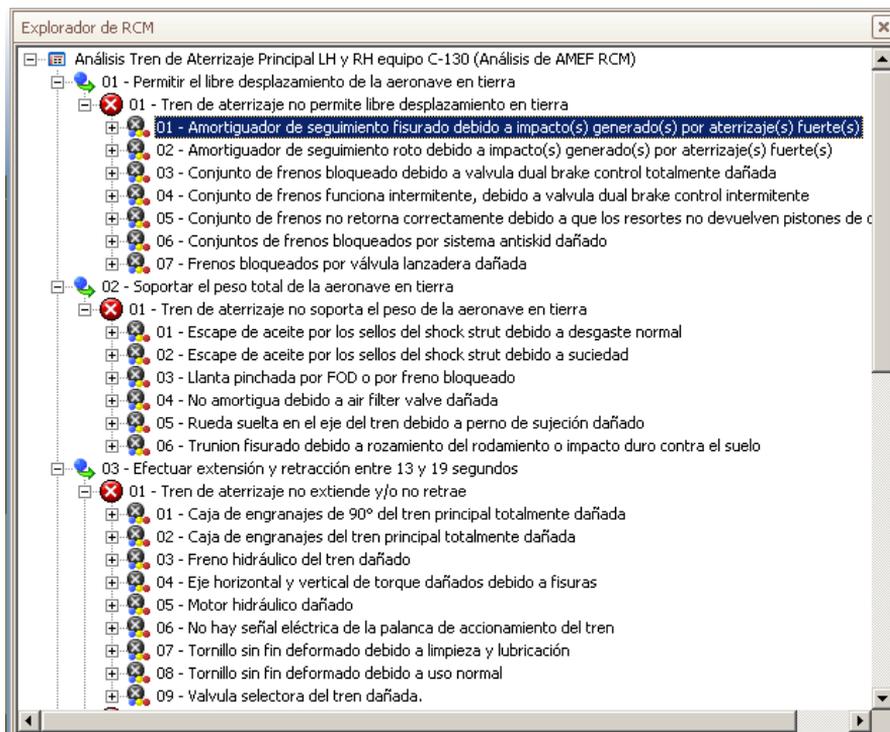


Figura 30. Ejemplo de modos de Falla  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

### 1.1.1.

### 7.6.5 Efectos de la Falla

Describe lo que pasa cuando cada falla ocurre. Estas deben incluir toda la información necesaria para soportar la evaluación de las consecuencias de las fallas, tales como:

- a) Qué evidencia hay (si la hay) de que la falla ha ocurrido.
- b) En qué formas (si las hay) se presentan amenazas a la seguridad operacional o al medio ambiente.
- c) En qué forma se afecta la producción y las operaciones.
- d) Qué daños físicos son causados por la falla.
- e) Qué se debe hacer para reparar la falla.

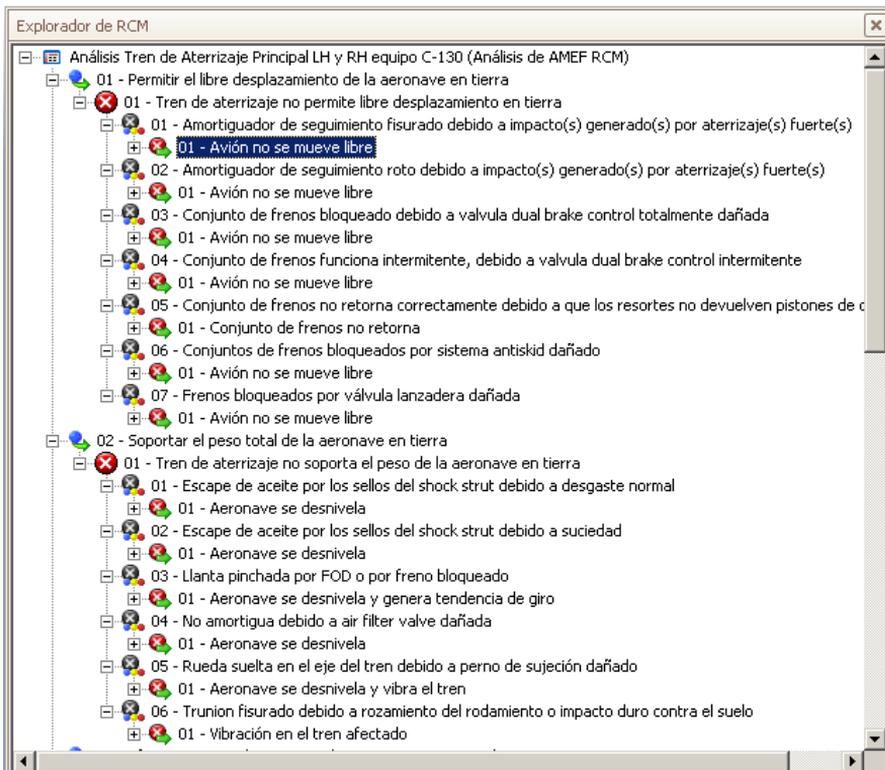


Figura 31. Ejemplo de efectos de falla  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

## 7.6.6 Consecuencias de las Fallas

Un análisis detallado genera una larga lista de fallas, cada una de ellas afecta la organización de alguna forma; pero, en cada caso, los efectos son diferentes. Las fallas pueden afectar las operaciones o pueden afectar la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad operacional y el medio ambiente. A su vez, la corrección de las mismas tomará tiempo y dinero.

Un gran esfuerzo del RCM es reconocer que las consecuencias de las fallas son mucho más importantes que sus características técnicas. De hecho, se reconoce que la única razón que justifica cualquier clase de mantenimiento proactivo no es la prevención de fallas por sí, si no prevenir o, al menos, reducir las consecuencias de las fallas. El RCM clasifica esas consecuencias en cuatro grupos, así:

- a) **Consecuencias de falla ocultas.** Estas no tienen un impacto directo; aunque sí exponen a la organización a miltiples fallas, con serias y frecuentemente catastróficas consecuencias (Aparatos de protección los cuales no son “a prueba de Fallas”).
- b) **Consecuencias en la seguridad operacional y el medio ambiente.** Una falla tiene consecuencias en la seguridad operacional si esta puede ocasionar lesiones, pérdida de los activos o muertes. Tiene consecuencias al medio ambiente si infringe cualquier estándar corporativo, regional o nacional sobre el medio ambiente.
- c) **Consecuencias operacionales.** Si afecta la producción o la misión.
- d) **Consecuencias no operacionales.** Son fallas evidentes, las cuales caen en esta categoría y no afectan ni la seguridad operacional, ni la producción, y solo involucran costos directos de operación.

El resultado final de un análisis RCM o MSG-3 es un conjunto de recomendaciones, tareas de mantenimiento y los intervalos a los cuales deben ser cumplidas. En resumen, el resultado de un RCM es

un programa de mantenimiento para un activo o una serie de recomendaciones para el activo.

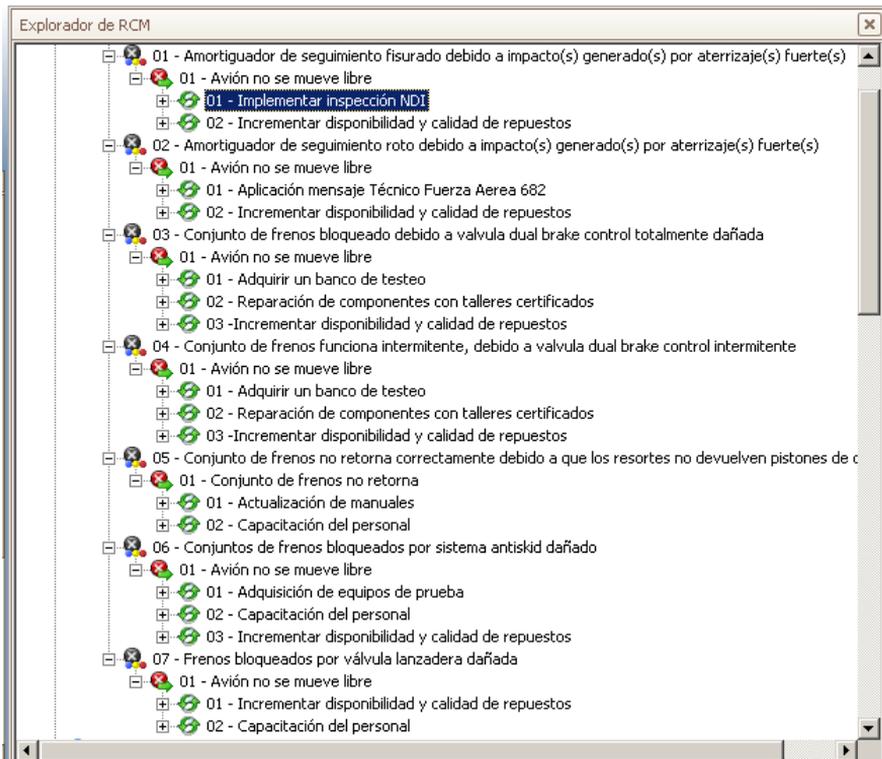


Figura 32. Ejemplo de recomendaciones  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Esta técnica se usa, principalmente, en la definición de los programas de mantenimiento de activos nuevos; aun así, también es una muy buena herramienta para actualizar y personalizar programas de mantenimiento ya existentes.

Para las aeronaves de la FAC, se podrá utilizar el método MSG-3, con miras a optimizar sus programas de mantenimiento en equipos, sistemas y/o componentes cuyas tasas de falla sean muy elevadas. Dentro del aplicativo APM existe un módulo que permite hacer este tipo de análisis llamado RCM.

## 7.7 IDEF (integration definition for function modelling)

La Definición de la Integración para la Modelización de las Funciones (IDEF, por sus siglas en inglés) consiste en una serie de

normas que definen la metodología para la representación de funciones modeladas.

### 7.7.1 Introducción

Es un método diseñado para modelar decisiones, acciones y actividades de una organización o sistema.

Estos modelos consisten en una serie de diagramas jerárquicos, junto con unos textos y referencias cruzadas entre ambos, los cuales se representan mediante unos rectángulos o cajas y una serie de flechas. Uno de los aspectos más importantes del IDEF es que, como concepto de modelización, va introduciendo gradualmente más y más niveles de detalle a través de la estructura del modelo.

De esta manera, la comunicación se produce dando al lector un tema bien definido, con una cantidad de información detallada, disponible para profundizar en el modelo.

Así, se observa que las principales ventajas que presenta este sistema son:

- a) Que es una forma unificada de representar funciones o sistemas.
- b) Que su lenguaje es simple pero riguroso y preciso.
- c) Que permite establecer unos límites de representación de detalle establecido universalmente.
- d) Que puede ser representada con diversos paquetes informáticos como el iGraff Process o el Software BP Win.

### 7.7.2 Explicación del Diagrama

- a) **Cajas:** Representan funciones definidas, tales como actividades, procesos o transformaciones.
- b) **Flechas:** Representan datos u objetos relacionados con las funciones.

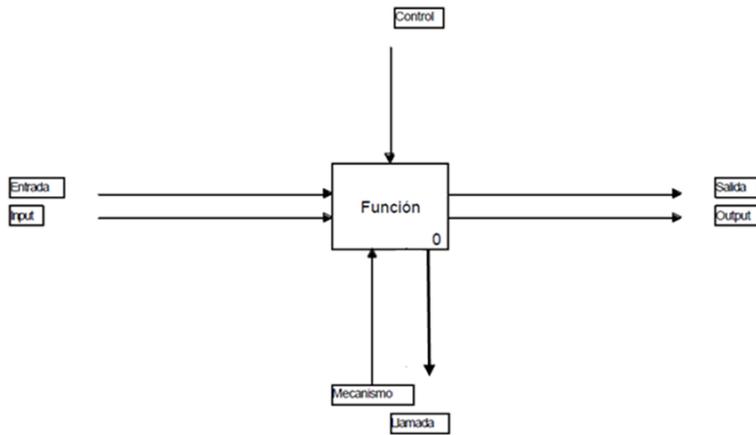


Figura 33. Ejemplo de diagrama IDEF  
Fuente: (Knowledge Based Systems, Inc. (KBSI), 2019)

- c) **Entradas:** Son transformadas o consumidas por el proceso, para producir las salidas (registros de fallas que alimentan el proceso de cálculo de indicadores).
- d) **Controles:** Especifican las condiciones requeridas por el proceso, para producir las salidas adecuadas (directrices, estrategia de medición de efectividad).
- e) **Salidas:** Información u objetos producidos por el proceso (informe de confiabilidad).
- f) **Mecanismos:** Recursos que soportan la ejecución del proceso (grupo de confiabilidad, plataforma de cálculo de indicadores).
- g) **Llamadas:** Las flechas de llamada posibilitan compartir detalles entre modelos o entre partes del mismo modelo. La caja que es llamada ofrece detalles para la caja “llamante” (la caja que está llamando), desde donde sale la flecha.

### 7.7.3 Metodología

- a) Defina el proceso principal de manera detallada. Esto se alcanza determinando, en el diagrama de contexto, las

posibles salidas y los controles, entradas y mecanismos requeridos para alcanzarlas.

- b) Determine los posibles subprocesos que se requieren para generar las salidas del proceso principal.
- c) Determine las relaciones entre los subprocesos identificados.
- d) Unifique y divida procesos hasta obtener la configuración más adecuada.
- e) Complemente las salidas, controles, entradas y mecanismos de los subprocesos.
- f) Unifique o divida flechas hasta obtener la configuración más adecuada.
- g) Identifique los subprocesos que requieran de un mayor grado de detalle.
- h) Repita el proceso para cada uno de los procesos por detallar.
- i) El número de niveles depende del grado de detalle que se quiera modelar.

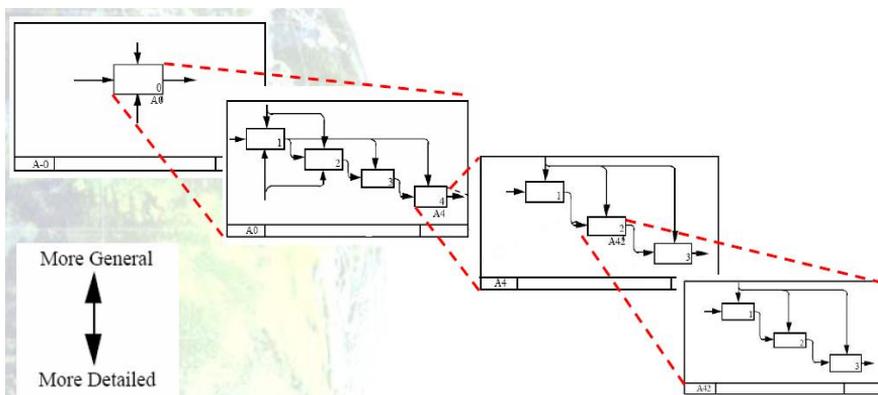


Figura 34. Nivel intermedio de modelamiento  
Fuente: (Knowledge Based Systems, Inc. (KBSI), 2019)

## Parte IV: Evaluación Y Seguimiento De Confiabilidad



CUARTA PARTE

EVALUACIÓN Y  
SEGUIMIENTO DE  
CONFIABILIDAD



## **Capítulo 8. Evaluación y seguimiento de las recomendaciones**

### **8.1 Objetivo**

Definir parámetros para la elaboración y posterior evaluación y seguimiento de las recomendaciones emitidas por AING-Confiability Aeronáutica y las SECOA.

### **8.2 Propósito**

Este capítulo da instrucciones claras y específicas para la realización y planteamiento de las recomendaciones de Confiability, emitidas para la FAC y su posterior evaluación y seguimiento, mediante la medición y el análisis del impacto de la implementación de las mismas.

Así mismo, estandariza la forma como las SECOA de cada una de las Unidades logísticas de la FAC deben presentar, incluir y controlar las recomendaciones emitidas.

### 8.3 Proceso de evaluación y seguimiento

El proceso de evaluación y seguimiento de las recomendaciones constituye la última etapa de la gestión de Confiabilidad y es el más importante, dado que, solo mediante la implementación y evaluación correcta de las recomendaciones, es que realmente se ven y se logran resultados tangibles y medibles dentro de la organización de mantenimiento de la FAC, sin esta etapa del sistema, no sirven de nada los análisis realizados para medir la gestión de las SECOA de los GRUTE / ESTEC. Puesto que una recomendación representa el resultado más importante que entrega Confiabilidad y lo que realmente impacta en la mejora continua de la organización, es lograr una implementación exitosa de una recomendación que mejore algún proceso ya establecido.

El proceso de evaluación y seguimiento solamente aplica a los análisis que estén en estado “En Implementación”; debido a que cuando un análisis ha sido ubicado en este estado, es porque ha completado su proceso de desarrollo, está debidamente corregido y avalado por AING-Confiabilidad Aeronáutica y por ende, ya existen unas recomendaciones establecidas y definidas para ser implementadas.

Para la administración de las recomendaciones de la FAC, se utilizará el software APM-Meridium, puesto que, dentro del mencionado software existen procedimientos específicos para definir, crear, clasificar, implementar y evaluar las recomendaciones. En los manuales del usuario del APM, se dan las instrucciones claras del funcionamiento y manejo del software para que todo analista de Confiabilidad pueda administrar correctamente las recomendaciones dentro del mismo.

A continuación, se presenta un flujograma que describe las principales acciones y los actores más importantes dentro del proceso de evaluación y seguimiento, las acciones se profundizan en los numerales 8.5 a 8.10 del presente Manual. Las responsabilidades de los principales actores se describen luego de la figura 36:

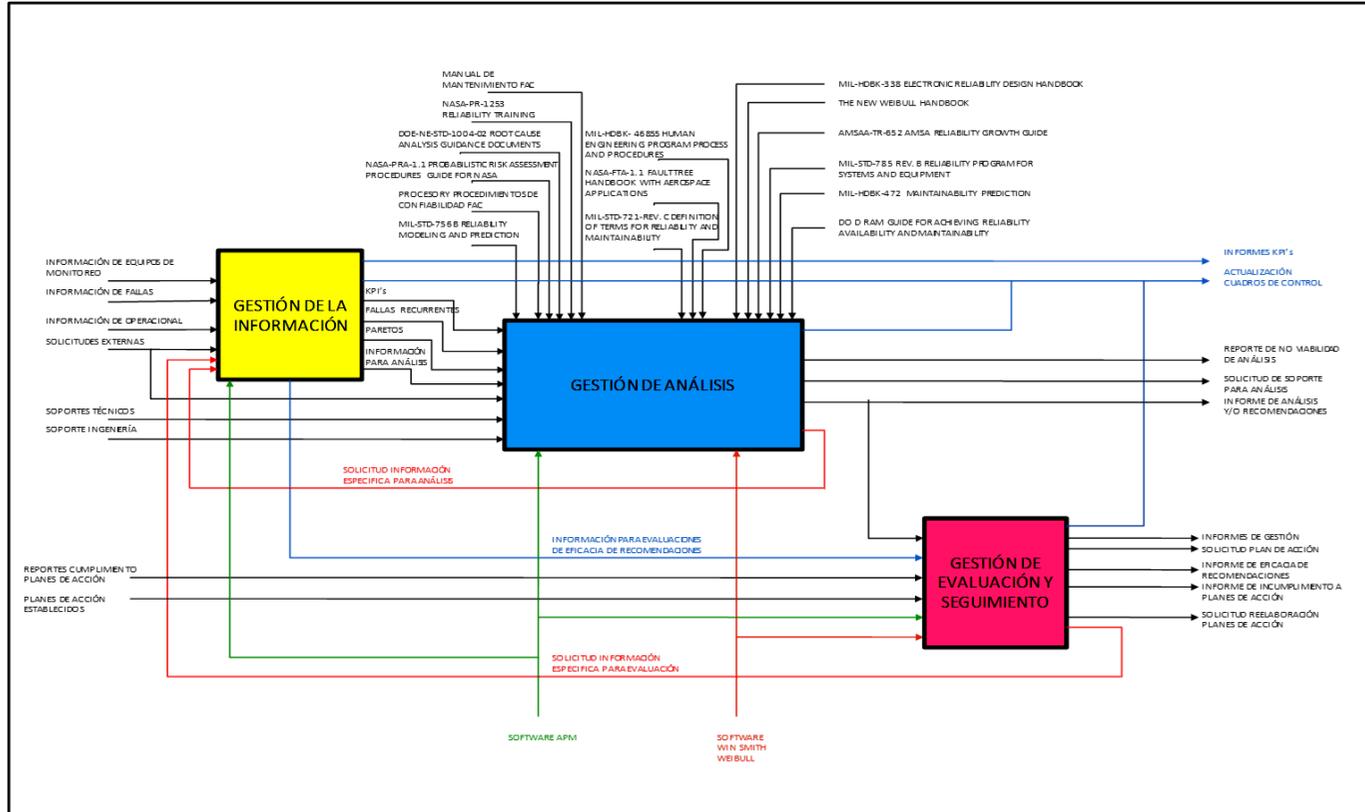


Figura 35. Proceso final - Gestión de evaluación y seguimiento  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

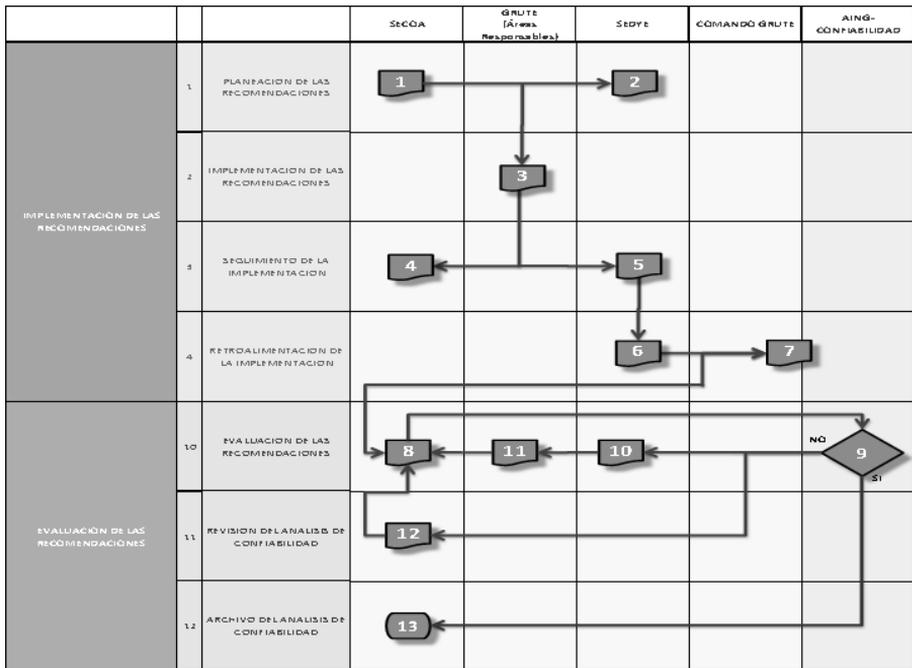


Figura 36. Flujograma del proceso de evaluación y seguimiento  
 Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

Dentro del proceso de evaluación y seguimiento de las recomendaciones, las áreas deben cumplir con los siguientes roles:

- a. SECOA: es el facilitador del proceso. Debe hacer seguimiento al cumplimiento de las recomendaciones y evaluar su eficacia.
- b. GRUTE ÁREAS RESPONSABLES (Secciones, Escuadrones, Talleres, etc.): Son los entes ejecutores, es decir, quiénes deben implementar las recomendaciones.
- c. SEDYE: Se encarga de controlar y verificar la elaboración y ejecución de los planes de acción desarrollados por las áreas responsables para la implementación de las recomendaciones, dado que, el no cumplimiento de un plan de acción se convierte en una no conformidad para el GRUTE y afectaría directamente el sistema de gestión de calidad.

- d. **COMANDO GRUTE:** Debe apoyar y gestionar todos los recursos necesarios para que cada área responsable pueda llevar a cabo la correcta implementación de las recomendaciones.
- e. **AING-Confiabilidad Aeronáutica:** Vigila la eficacia de los análisis, asesora y supervisa el cumplimiento de la implementación de las recomendaciones.

## 8.4 Generación de las recomendaciones

Las recomendaciones dentro del Sistema de Confiabilidad Aeronáutica son todas aquellas acciones emitidas para contrarrestar un efecto no deseado dentro de la organización o las aeronaves. Estas son el resultado de un análisis de confiabilidad.

Toda recomendación generada y emitida por las áreas de Confiabilidad como resultado de algún tipo de análisis debe cumplir con los siguientes aspectos:

### 8.4.1 Título de la Recomendación

Se hace la redacción de la acción a ejecutar.

### 8.4.2 Descripción de la Recomendación

Se hace una descripción completa de la acción a ejecutar, la cual debe contener:

- a. **Objetivo:** Definir qué se pretende lograr al realizar la implementación de la recomendación (Ej.: Utilizar manuales actualizados).
- b. **Causa Raíz:** Asociar la causa raíz del análisis a la que ataca o impacta la recomendación (Este aspecto solo se define cuando la recomendación es generada a partir de un análisis causa raíz).
- c. **Alcance:** Se debe describir a qué aeronaves, sistemas o componentes va a abarcar la recomendación cuando se

implemente (Ej.: Si se va a aplicar a toda una flota o solo a una aeronave, si va a aplicar a un número de parte específico que aplique a una o varias flotas).

### **8.4.3 Bases de la Recomendación**

Teniendo en cuenta que el principal objetivo de cada análisis de Confiabilidad, es impactar un área de vital importancia dentro de la organización de mantenimiento, se creó una clasificación que tuvo en cuenta las áreas y aspectos más importantes para el correcto funcionamiento del proceso de mantenimiento. El resultado de esto fue una clasificación en siete grupos que involucran los aspectos vitales para lograr el éxito en el mantenimiento de aeronaves y que impactan en la organización y funcionamiento de la Fuerza Aérea Colombiana.

Esta catalogación, además de permitir impactar en áreas específicas de la organización de mantenimiento, es una herramienta que permite agrupar las recomendaciones emitidas por los diferentes análisis generados en las Unidades de la FAC y de esta manera, obtener una visión gerencial de las áreas comunes más débiles o con más aspectos por mejorar dentro de la Fuerza, por lo tanto, en este ítem se cataloga la recomendación de acuerdo con la clasificación mostrada a continuación.

#### **8.4.2.1 Capacitación y competencias del personal. Ejemplo:**

- a. Certificación de competencias del personal.
- b. Revisión o modificación de programas de capacitación.
- c. Perfiles laborales
- d. Carga laboral, etc.
- e. Uso adecuado de software especializados y sistemas de información (SAP, APM, SUITE VISION)

#### **8.4.2.2 Instalaciones, bancos y herramientas. Ejemplo:**

- a. Adquisición o mejora de bancos y herramientas.
- b. Adquisición, mejora y adecuación de instalaciones.
- c. Calibración de bancos y herramientas, etc.
- d. Uso de herramientas apropiadas.

#### **8.4.2.3 Programas de mantenimiento.** Ejemplo:

- a. Revisar, modificar y actualizar programas de mantenimiento.

#### **8.4.2.4 Procedimientos de operación.** Ejemplo:

- a. Revisar, modificar y actualizar procedimientos de operación de los sistemas o aeronaves.
- b. Aplicar listas de chequeo.

#### **8.4.2.5 Gestión de componentes.** Ejemplo:

- a. Mejorar la cadena de abastecimiento.
- b. Revisar o modificar partes o sistemas de las aeronaves.
- c. Mejorar la disponibilidad de componentes en el almacén.
- d. Cambiar componentes por baja confiabilidad.
- e. Revisar la trazabilidad de componentes.
- f. Proceder adecuadamente en los procesos de almacenamiento y de transporte.

#### **8.4.2.6 Procedimientos de mantenimiento.** Ejemplo:

- a. Revisar o modificar prácticas de trabajo.
- b. Revisar o modificar procedimientos y manuales.
- c. Revisar, modificar y actualizar la manera como se registra la información documental y no documental; por ejemplo, registros históricos de partes o ingreso de información al sistema SAP.
- d. Instalar y remover componentes.

#### **8.4.2.7 Manuales y publicaciones técnicas. Ejemplo:**

- a. Adquirir y actualizar manuales y publicaciones técnicas.
- b. Archivar y controlar las publicaciones técnicas.
- c. Utilizar los manuales.

**NOTA:** Los ejemplos dados en la clasificación para las bases de la recomendación son solo una guía. Esto no significa que otras situaciones o aspectos que se presenten en el trabajo diario no se puedan incluir o clasificar bajo estos parámetros. Para los casos en los que ningún ejemplo dado aplique, el analista de Confiabilidad deberá aplicar su criterio para ubicar la recomendación en una de las siete áreas establecidas y si se presentan dudas, se deberá solicitar asesoría al Área de ingeniería – Confiabilidad Aeronáutica.

#### **8.4.4 Plazo para la Implementación de la Recomendación**

Se establece la fecha máxima de cumplimiento de la implementación de la recomendación; es decir, para cuando esta fecha se cumpla, la acción o tarea ya debió haberse ejecutado completamente.

#### **8.4.5 Responsable de la Recomendación**

Se define el nombre del área funcional o persona responsable para llevar a cabo y ejecutar la implementación de la recomendación.

### **8.5 Planeación de las recomendaciones emitidas por un análisis**

Una vez se hayan emitido las recomendaciones, se realiza un plan de trabajo para la implementación de las mismas, para este efecto, la SEDYE, recibe del Comando del GRUTE, copia del análisis de Confiabilidad emitido, a su vez, procede a tramitar un formato IS-DIINS-FR-009 “acciones de mejora” por cada una de las recomendaciones emitidas en el análisis y las envía a cada responsable de la implementación para que elaboren el plan de acción correspondiente.

Los responsables de la implementación envían la información de los planes de acción a SEDYE, quien consolida y de acuerdo con las fechas propuestas, efectúa el seguimiento para garantizar la oportuna implementación de las recomendaciones.

## **8.6 Implementación de las recomendaciones**

La implementación de las recomendaciones está a cargo de cada responsable designado por el Grupo de Análisis que desarrolló el análisis de Confiabilidad y que fue avalado por el Comandante del GRUTE. El responsable de la implementación de las recomendaciones deberá gestionar los recursos para el cumplimiento de los plazos ordenados. El GRUTE y la DILOA deberán apoyar la gestión adelantada por cada responsable, con el propósito de cumplir los objetivos propuestos durante la implementación.

## **8.7 Seguimiento de la implementación**

La SEDYE efectúa seguimiento a la implementación de cada una de las recomendaciones, así mismo, la SECOA verifica semanalmente la oportuna implementación de las mismas y el correcto diligenciamiento en el software APM, de igual forma, mensualmente se debe informar al AING-Confiabilidad Aeronáutica las novedades presentadas en la implementación de las recomendaciones y la información de porcentaje de avance de cada una de ellas, mediante el informe mensual de confiabilidad y la forma FAC4-220T Control de Análisis de Eventos.

La SEDYE informa al Comando de GRUTE y a SECOA cuando cada responsable haya implementado en un 100% las recomendaciones de

---

un análisis, con el fin se inicie la evaluación de la efectividad del respectivo análisis por parte de SECOA.

## **8.8 retroalimentación de la implementación**

En caso de que haya demoras o cambios en los plazos estipulados, y afecten la implementación de las recomendaciones, estas novedades deben estar informadas por los responsables de la implementación a SEDYE; quien consolidará las novedades y, junto con su acción previamente acordada con el responsable de la implementación, informará al Comandante del GRUTE, con el propósito de gestionar los recursos necesarios para cumplir el plazo propuesto.

## **8.9 Evaluación de las recomendaciones emitidas por un análisis**

Cada análisis de Confiabilidad incluye los parámetros de evaluación de su eficacia, para ello, SECOA verifica y mide, la eficacia de las recomendaciones emitidas en los análisis y envía la información a AING – Confiabilidad Aeronáutica, mediante la forma FAC4-220T Control de Análisis de Eventos, indicando si se lograron los objetivos propuestos. Paralelamente a la forma FAC mediante el módulo de Asset Strategy Management (ASM) del software APM, también se evaluará y llevará el control de las recomendaciones.

Una vez AING – Confiabilidad Aeronáutica haya aprobado y autorizado el análisis de la SECOA, deberá programar una reunión en la cual, mediante una presentación, se muestren los resultados del mismo, explicando las mejoras alcanzadas y el impacto positivo logrado a todo el personal del GRUTE.

**NOTA: Este punto es de obligatorio cumplimiento, en consecuencia, el documento escrito (acta de la reunión, oficio de informe de término de análisis, etc.) que sustenta y soporta la socialización de los resultados de un análisis de confiabilidad será revisado por los entes de control en cada una de las auditorías que se realizan al GRUTE.**

En el caso de que no se superen las expectativas en cuanto a la reducción de fallas o nivel de riesgo de acuerdo con la información evaluada, SECOA debe hacer una revisión a las recomendaciones y

su implementación, para descartar que el no cumplimiento de las expectativas propuestas no se deba a la incorrecta implementación de las mismas, para este efecto, SECOA en conjunto con SEDYE y los responsables de la implementación, deberá revisar de nuevo y de forma detallada las recomendaciones, las causas probables de la falta de eficacia y los posibles errores cometidos durante la implementación para que sean corregidos y se procedan a implementar nuevamente las recomendaciones. Una vez se realice una segunda implementación, la SECOA deberá evaluar nuevamente la eficacia del análisis, si una vez verificado este punto se comprueba que las recomendaciones fueron implementadas y ejecutadas correctamente y aun así, el análisis no cumple con las expectativas y no presenta la eficacia esperada, entonces se concluirá que se debe proceder a revisar nuevamente el análisis generado.

## **8.10 Revisión del análisis de confiabilidad**

Cuando la evaluación de la eficacia de las recomendaciones emitidas por un análisis de confiabilidad no es satisfactoria en cuanto a cumplimiento de objetivos y se evidencia un bajo impacto en el equipo analizado, SECOA cerrará el análisis con una evaluación de no eficaz, e iniciará un nuevo análisis desde cero, para ello, deberá convocar nuevamente a un grupo de análisis y llevará a cabo el proceso, teniendo especial cuidado en emitir nuevas hipótesis que contemplen el desarrollo de nuevas recomendaciones.

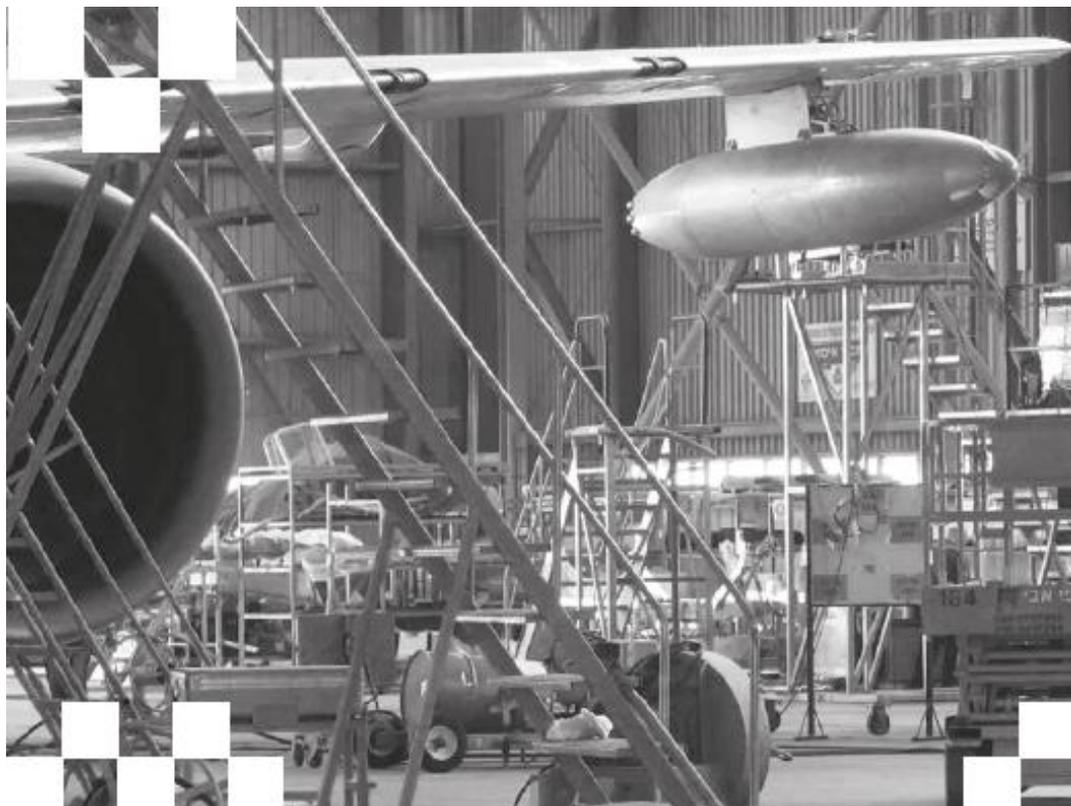
### **8.10.1 Archivo del Análisis de Confiabilidad**

Todo documento de análisis de Confiabilidad debe ser archivado en medio físico y digital con sus firmas completas como archivo por (SECOA para su posterior consulta. La copia del documento definitivo debe reposar en AING – Confiabilidad Aeronáutica.)

## Parte V. Informe mensual de confiabilidad



QUINTA PARTE  
INFORME MENSUAL  
DEL CONFIABILIDAD



## Capítulo 9. Informe de confiabilidad

### 9.1 Objetivo

Definir parámetros para el monitoreo de los indicadores de desempeño y establecer el nuevo formato para la presentación del informe mensual de Confiabilidad.

### 9.2 Propósito

Este capítulo define las políticas y parámetros, dando instrucciones claras y específicas para realizar el informe mensual de Confiabilidad; el cual deberá ser presentado por las SECOA de las Unidades. En el informe, se encuentra la medición y control del desempeño de las aeronaves de la FAC, mediante el manejo e ingreso de datos reales y concretos en los KPI, establecidos en el aplicativo APM del AING – Confiabilidad Aeronáutica; el desarrollo y control

de análisis de Confiabilidad, y la implementación de recomendaciones emitidas por las diferentes SECOA.

Así mismo, estandariza el formato de presentación para que las SECOA de cada una de las Unidades Logísticas de la FAC elaboren los informes mensuales de Confiabilidad. Las Unidades Operativas deberán ser facilitadoras en la consecución de la información que las Unidades Logísticas requieran para la elaboración del informe mensual; a su vez, deberán mantenerlas informadas de todas las novedades de operación y mantenimiento que presenten las aeronaves.

Estos informes se deben presentar y entregar a los Comandantes de GRUTE y Comandantes de Unidad, y ser enviados a la JELOG – DILOA – SUMAN - AING – Confiabilidad Aeronáutica.

### **9.3 Descripción del informe mensual de confiabilidad**

El Informe Mensual de Confiabilidad es el documento, emitido por las SECOA de las Unidades que suministra a diferentes niveles de la Institución información sobre el comportamiento de las aeronaves, con el fin de, consolidar una visión global del desempeño de las mismas y dar herramientas de decisión a los Comandantes de Grupo, Unidad, Dirección y Jefatura. A su vez, agrupa las recomendaciones y los planes de acción tomados por los Comandos de los GRUTE para mitigar o contener las causas que generan desviaciones en los indicadores de desempeño de las aeronaves.

### **9.4 Finalidad del informe mensual de confiabilidad**

El informe mensual de Confiabilidad busca medir los KPI, darlos a conocer a la organización y establecer acciones tendientes a mejorarlos continuamente. Ello implica un mayor enfoque en las causas del comportamiento no deseado de las aeronaves, permitiendo la gestión proactiva de los GRUTE en la generación de recomendaciones.

Adicionalmente, se busca puntualizar el seguimiento por parte de la JELOG y los GRUTE, cuyas fallas afectan la disponibilidad de las

aeronaves, mediante la evaluación de los límites de control establecidos en los indicadores.

De acuerdo con la doctrina establecida en el MAMAE, este informe, junto con las recomendaciones emitidas por los análisis realizados durante el mes, deben ser presentados mínimo una vez al mes, en una Junta Técnica o reunión del GRUTE; de la cual se debe dejar el antecedente mediante un acta. Todo lo anterior, con el fin de, dar a conocer la evaluación que se realizó durante el mes e informar los resultados en cuanto a causas que se encuentran en los análisis, así como informar sobre las recomendaciones pendientes a ejecutar.

Copia física o electrónica del informe mensual, debe ser enviada o socializada con los DESOP, con el fin que estos se encarguen de evaluar el riesgo de acuerdo con las novedades técnicas y tendencias presentadas.

## **9.5 Entregables y fechas del informe mensual de confiabilidad**

El Informe Mensual de Confiabilidad incluye 2 entregables:

- a. El documento firmado por la persona de Confiabilidad que elaboró el informe y por el Comandante de GRUTE, enviado con oficio firmado por el Comandante de la Unidad a la DILOA.
- b. El archivo digital en Word, el cual deberá ser enviado por correo electrónico a las cuentas de Outlook del personal del AING –Confiabilidad Aeronáutica de la DILOA

Los informes mensuales de Confiabilidad deben ser enviados mediante oficio a la DOLOA dentro de los primeros cinco (05) días de cada mes. Si el día cinco del mes corresponde a un día no laboral como sábado, domingo o festivo, el informe deberá ser enviado el día laboral inmediatamente anterior, con el objetivo de que la fecha de entrega del informe nunca supere el día cinco de cada mes.

## 9.6 Instrucciones para el registro de datos en el aplicativo APM

En el aplicativo APM, se encuentran configurados, seis (06) KPI propios de Confiabilidad, cuya medición y seguimiento es responsabilidad de las SECOA de los GRUTE que tengan aeronaves logísticamente asignadas.

Se debe tener en cuenta que los indicadores de Disponibilidad, Confiabilidad de misión y MTBUR son indicadores manuales; en otras palabras, cada SECOA deberá registrar en ellos los datos correspondientes al mes en estudio para que el aplicativo genere los respectivos cálculos y gráficas. Como alternativa adicional, el AING – Confiabilidad, puede efectuar el cargue masivo de los datos al inicio de cada mes y las SECOA efectuarían la verificación de la calidad de los mismos.

A continuación, se encuentran las instrucciones de registro y almacenamiento de datos para estos indicadores.

### 9.6.1 Registro y almacenamiento de datos

**9.6.1.1 Paso 1 – Ingreso. Ingrese al aplicativo APM dando doble clic en el icono APM framework ubicado en el escritorio de su PC.**



Figura 37. Icono APM framework  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Al aparecer el cuadro de diálogo de la figura 35, digite su nombre de usuario y clave en los lugares indicados.

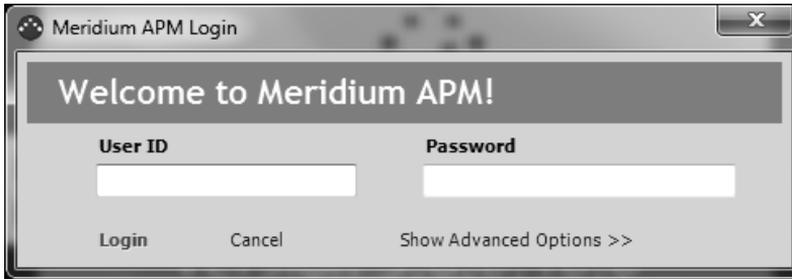


Figura 38. Meridium - Inicio de sesión de APM  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Posteriormente, aparecerá la página de inicio del aplicativo:

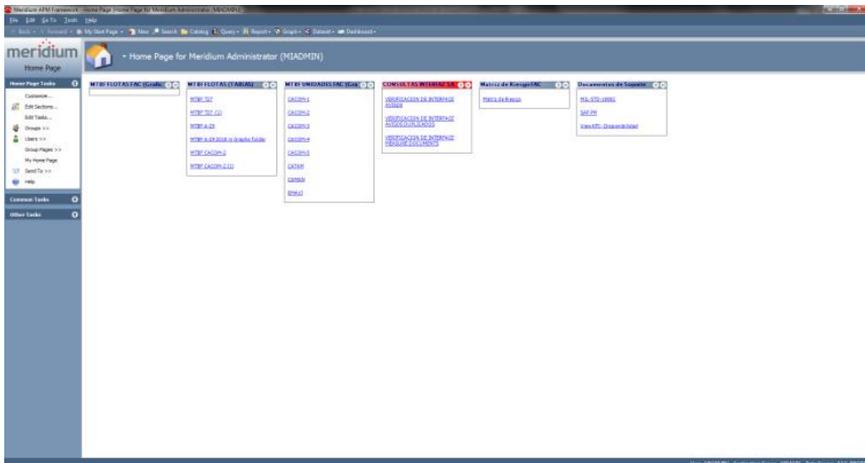


Figura 39. Meridium - Página de inicio  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

### 9.6.1.2 Paso 2 – Búsqueda. Diríjase a la barra de menú, ubicada en la parte superior del programa y dé clic en buscar:

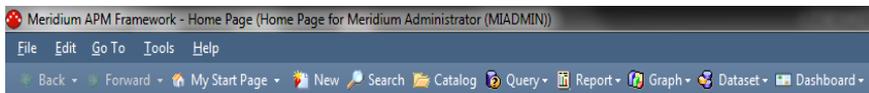


Figura 40. Meridium - Buscar.  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Realizada la acción anterior, aparecerá el cuadro de diálogo de la figura 41 para iniciar una búsqueda simple. En la casilla “buscar en:”

se digitará el nombre de la tabla o familia que se quiere afectar para el registro de datos.



Figura 41. Búsqueda simple.  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

**9.6.1.3 Paso 3 – Registro de datos para el indicador de disponibilidad.** Para el diligenciamiento de este indicador, se deberá digitar en la casilla “buscar en”, el nombre de familia- “Disponibilidad de Rendimiento”- y se dará clic sobre el ícono “Buscar ahora (N)” o en “Enter”. Inmediatamente se desplegará la información de la figura 42:

Family	Record ID
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3082-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3083-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3087-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3088-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3089-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3090-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3091-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3092-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3093-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3094-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3095-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3096-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3097-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3098-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3099-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3100-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3101-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3102-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3103-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3104-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3105-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3106-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3107-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3108-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3109-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3110-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3111-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3112-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3113-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3114-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3115-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3116-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3117-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3118-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3119-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3120-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3121-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3122-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3123-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3124-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3125-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3126-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3127-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3128-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3129-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3130-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3131-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3132-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3133-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3134-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3135-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3136-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3137-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3138-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3139-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3140-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3141-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3142-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3143-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3144-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3145-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3146-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3147-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3148-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3149-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3150-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3151-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3152-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3153-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3154-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3155-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3156-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3157-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3158-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3159-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3160-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3161-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3162-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3163-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3164-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3165-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3166-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3167-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3168-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3169-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3170-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3171-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3172-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3173-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3174-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3175-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3176-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3177-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3178-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3179-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3180-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3181-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3182-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3183-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3184-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3185-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3186-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3187-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3188-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3189-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3190-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3191-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3192-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3193-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3194-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3195-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3196-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3197-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3198-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3199-100-7%
Availability Performance	MFL-0114-CACORN-1-C-008-FAC3200-100-7%

Figura 42. Meridium - Resultados de la búsqueda simple  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Se visualizarán dos (02) columnas; la primera denominada “familia”, y la segunda “ID de registro”. En la columna ID de registro, se encuentran, en color azul, los registros debidamente nombrados con el mes, el año, la Unidad, el equipo y la cola de la aeronave a la cual se le va a registrar la información.

En la casilla “Buscar (O)”, se deberá digitar el nombre del mes a seleccionar en inglés, por ejemplo October. De esta forma, se

desplegarán solo los registros de todas las aeronaves para el mes de Octubre.

Para ingresar los datos de disponibilidad de esta aeronave, se debe dar clic en este registro azul y, en seguida, se desplegará la página que aparece en la figura 43.

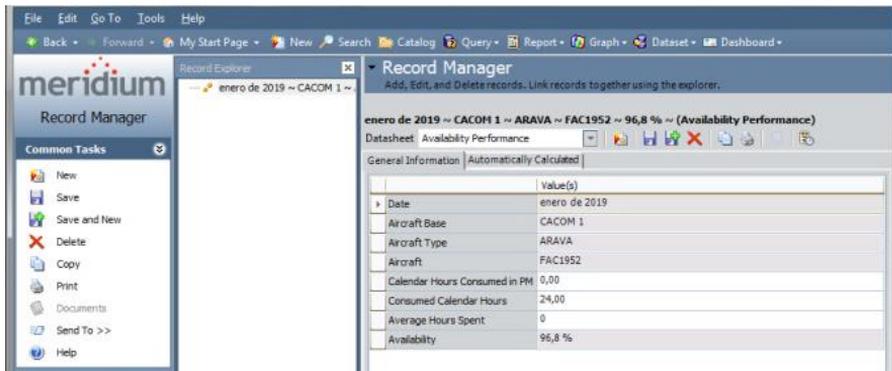


Figura 43. Meridium - Ejemplo Gestión de registros, datos de Confiabilidad  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Es en esta página, donde el usuario deberá digitar los datos de horas calendario consumidas en CM (horas consumidas en mantenimiento correctivo) y horas calendario consumidas en PM (horas consumidas en mantenimiento programado).

Del mismo modo, el campo llamado promedio de horas vencidas corresponde a las horas de mantenimiento programado fuera de lo planeado; el cual, también, deberá ser digitado por el usuario.

Al terminar de cargar cada conjunto de datos por aeronave, el usuario deberá hacer clic en el ícono que asemeja un disquete  (Cuidado: no utilizar el ícono que tiene el símbolo de suma en verde ). Y en la última línea de este cuadro de diálogo aparecerá el número correspondiente al cálculo del indicador.

Una vez se le haya dado guardar, la información consignada en estos registros servirá para efectuar el cálculo de la disponibilidad de esa aeronave y “NO PODRÁ SER CAMBIADA”.

Al hacer este ejercicio de registro en todas las aeronaves de un equipo, de forma automática, el APM calcula la disponibilidad de mencionada flota. De igual manera, al registrar todos los datos de todas las aeronaves de la Unidad, automáticamente, se obtendrá la disponibilidad total de esa Base.

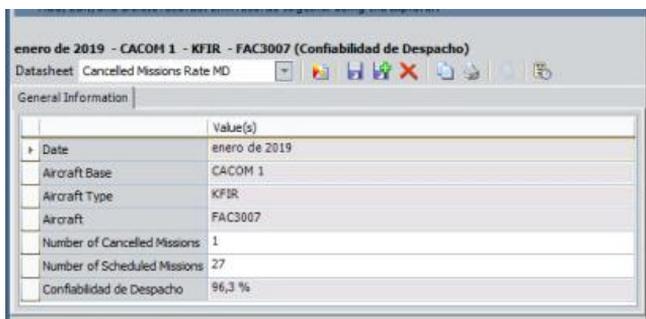
**9.6.1.4 Paso 4 – Registro de datos para el indicador de confiabilidad de despacho.** Para el diligenciamiento de este indicador, se deberá digitar en la casilla “buscar en”, el nombre de familia – CONFIABILIDAD DE DESPACHO – y se dará clic sobre el ícono “Buscar ahora (N)” o Enter. Inmediatamente se desplegará la información de la figura 44.

Igualmente, se visualizarán dos (02) columnas; la primera denominada “familia”, y la segunda “ID de registro”. En la columna ID de registro, se encuentran, en color azul, los registros debidamente nombrados con el mes, el año, la Unidad, el equipo y la cola de la aeronave a la cual se le va a registrar la información. (En este paso aplica la misma información de orden alfabético y scroll del paso anterior).

Por ejemplo, si se selecciona el registro:

January, 2019 -CACOM 1 –KFIR -FAC3007

Para ingresar los datos de Confiabilidad de despacho de esta aeronave, se debe dar clic en este registro azul y, en seguida, se desplegará la página que aparece en la figura 44.



The screenshot shows a software window titled "enero de 2019 - CACOM 1 - KFIR - FAC3007 (Confiabilidad de Despacho)". Below the title bar, there is a toolbar with icons for print, save, and other functions. The main content area is a table with the following data:

	Value(s)
Date	enero de 2019
Aircraft Base	CACOM 1
Aircraft Type	KFIR
Aircraft	FAC3007
Number of Cancelled Missions	1
Number of Scheduled Missions	27
Confiabilidad de Despacho	96,3 %

Figura 44. Meridium - Ejemplo Gestión de registros, Confiabilidad de despacho  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

Es en esta página, el usuario deberá digitar los datos de número de misiones canceladas y número de misiones programadas.

Al terminar de cargar cada conjunto de datos por aeronave, el usuario deberá hacer clic en el ícono que asemeja un disquete  (Cuidado: no utilizar el ícono que tiene el símbolo de suma en verde ). Y en la última línea de este cuadro de diálogo aparecerá el número correspondiente al cálculo del indicador.

Una vez se le haya dado guardar, la información consignada en estos registros servirá para efectuar el cálculo de la disponibilidad de esa aeronave y “NO PODRÁ SER CAMBIADA”.

Al hacer este ejercicio de registro en todas las aeronaves de un equipo, se podrá obtener el índice de misiones canceladas de la mencionada flota. De igual manera, al registrar todos los datos de todas las aeronaves de la Unidad, se obtendrá el índice de misiones canceladas de esa Base.

**9.6.1.5 Paso 5 – Registro de datos para el indicador de tiempo medio entre remociones no programadas (MTBUR).** A continuación, se explica de forma detallada los datos que constituyen este indicador y las precauciones que deben ser tenidas en cuenta durante su cálculo.



**¡Atención!**

**En adelante, para el cálculo de este indicador, solo se tendrán en cuenta las remociones no programadas de MOTORES. Ninguna otra remoción de otro elemento será considerada para este indicador.**

**Se recomienda tener un control de todos los elementos con TBO; los cuales, por su criticidad, recurrencia de fallas o condición costo-efectiva, deban ser evaluados bajo este indicador.**

Así mismo, el indicador se acumulará de forma permanente, tanto en horas de vuelo como en remociones no programadas.

### Tiempo Medio entre Remociones no Programadas (MTBUR)

- a. Concepto: El Tiempo Medio entre Remociones No Programadas (MTBUR) se define como el tiempo promedio en horas de vuelo en el que un componente reparable es removido de una aeronave por motivos diferentes a los relacionados con las actividades de mantenimiento programado; por ejemplo, fallas del componente.
- b. Ecuación matemática: El valor del MTBUR se expresa en horas de vuelo.

El MTBUR se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{MTBUR (Tipo de motor (T-53, J-79, etc.))} = \frac{\sum \text{TSO (motores removidos no programados)}}{\text{No. Remociones no programadas}}$$

En donde:

- $\sum \text{TSO}$ : Corresponde a la sumatoria de los tiempos desde el último overhaul efectuado a los motores que fueron removidos de forma no programada. El TSO de los motores deberá ser tomado de SAP o de la forma FAC No. 4-285T.
- No. Remociones no programadas: es la cantidad de remociones no programadas.

El Tiempo Medio entre Remociones No Programadas (MTBUR) se calculará por tipo de motor. Por tanto, si se tienen dos tipos de aeronaves que operan con un mismo tipo de motor, el Tiempo Medio entre Remociones No Programadas (MTBUR) se calculará para un solo tipo de motor.

El Tiempo Medio entre Remociones No Programadas (MTBUR) es un indicador de carácter acumulado mes a mes.

- c. Ejemplos de aplicación:

• **Evento 1 – Mes de enero**

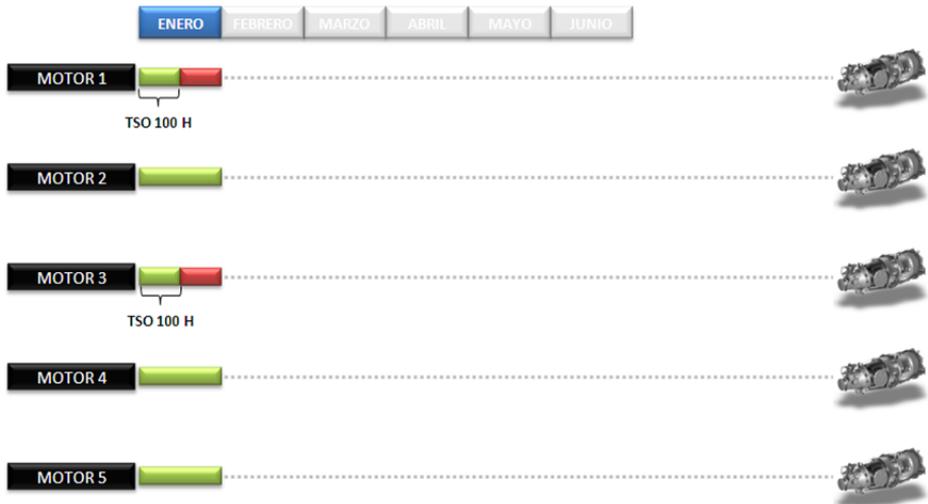


Figura 45. Ejemplo de aplicación - mes de enero  
 Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

TSO Motores removidos a enero:

- Motor No. 1: 100 horas.
- Motor No. 3: 100 horas.
- Número de remociones durante el mes de enero: 2.

El MTBUR para los motores PT6-67R es:

MTBUR (tipo de motor)	=	$\frac{\sum \text{TSO}(\text{motores removidos no programados})}{\text{numero de remociones no programadas}}$
MTBUR (PT6-67R ENERO)	=	$\frac{100 + 100}{2}$
MTBUR (PT6-67R ENERO)	=	100 horas

El promedio de los motores PT6-67R que han sido removidos por mantenimiento no programado es de cada 100 horas.

- **Evento 2 – Mes de febrero**

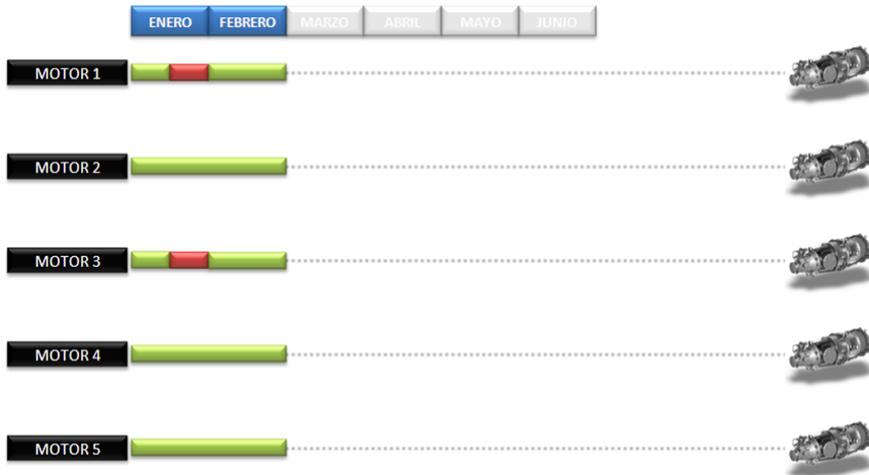


Figura 46. Ejemplo de aplicación - mes de febrero  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

- Número de motores removidos durante el mes de febrero: 0.

MTBUR (PT6-67R FEBRERO)= 100 horas.

El promedio de los motores PT6-67R que han sido removidos por mantenimiento no programado es de cada 100 horas. Para el mes de febrero.

- **Evento 3 – Mes de Marzo**

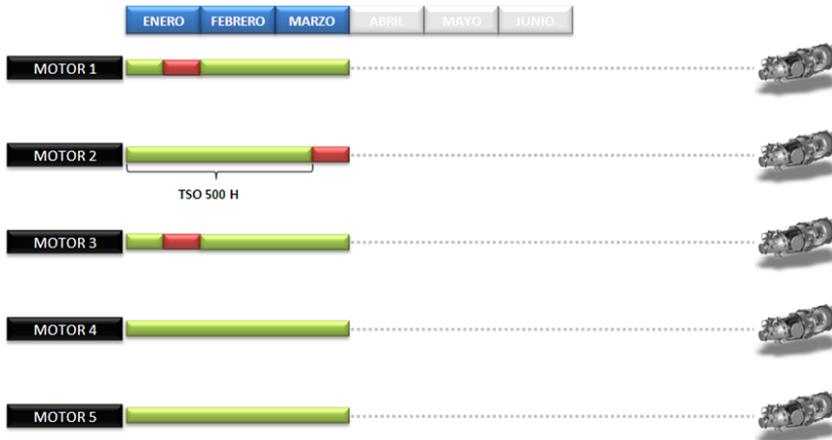


Figura 47. Ejemplo de aplicación - mes de marzo  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

TSO Motores removidos a marzo:

- Motor No. 1: 100 horas.
- Motor No. 3: 100 horas.
- Motor No. 2: 500 horas.
- Número de motores removidos a marzo: 3.

MTBUR (tipo de motor)	=	$\frac{\sum \text{TSO}(\text{motores removidos no programados})}{\text{numero de remociones no programadas}}$
MTBUR (PT6-67R MARZO)	=	$\frac{100 + 100 + 500}{3}$
MTBUR (PT6-67R MARZO)	=	233.3 horas

En promedio de los motores PT6-67R que han sido removidos por mantenimiento no programado es de cada 233,3 horas. Para el mes de marzo.

- **Evento 4 – Mes de abril**

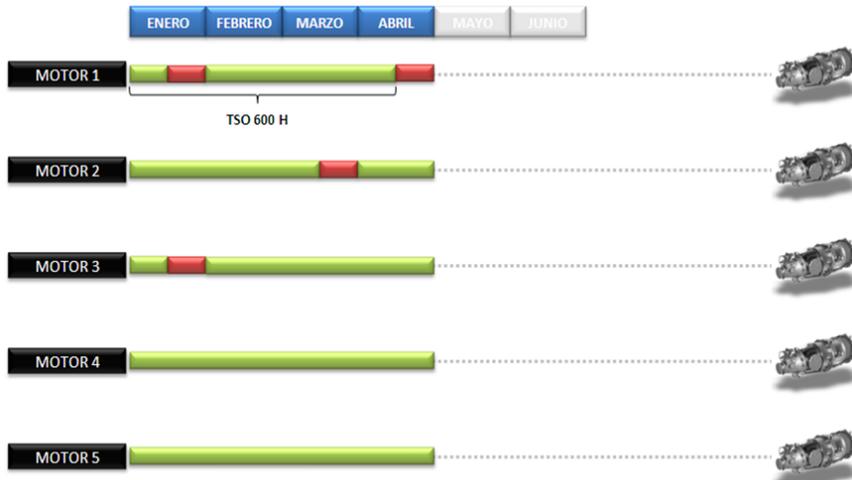


Figura 48. Ejemplo de aplicación - mes de abril.  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

Durante el mes de abril se presenta una situación especial con el Motor No. 1, este motor ya había sido removido de forma no programada en el mes de enero cuando contaba con un TSO de 100 horas. Ahora, en el mes de abril con un TSO de 600 horas se vuelve a remover a causa de un evento no programado; en este caso, se toma en cuenta el total de remociones que lleva desde el overhaul; las cuales son 2, una en el mes de enero y otra en el mes de abril. Estas se sumarán dentro de la fórmula a las dos (02) remociones que se presentaron, una en el motor 3 en el mes de enero y la otra en el motor 2 en el mes de marzo, para un total de 04 remociones no programadas en total al mes de abril.

- Número de remociones de motor a abril: 04.

Para el cálculo, se sumarán las horas TSO del motor 3 (100 horas) con las horas TSO del motor 2 (500 horas); y estas se sumarán al total de horas TSO del Motor 1, el cual lleva 02 remociones no programadas (100 y 600 horas).

TSO Motores removidos a abril:

- Motor No. 1: 600 horas.

- Motor No. 1: 100 horas.
- Motor No. 3: 100 horas.
- Motor No. 2: 500 horas.

Por lo tanto, cada evento de remoción del motor se convierte en un dato dentro de la formula.

El MTBUR para los motores PT6-67R es:

MTBUR (tipo de motor)	=	$\frac{\sum TSO(\text{motores removidos no programados})}{\text{numero de remociones no programadas}}$
MTBUR (PT6-67R ABRIL)	=	$\frac{600 + 100 + 100 + 500}{4}$
MTBUR (PT6-67R ABRIL)	=	325 horas

El promedio de los motores PT6-67R que han sido removidos por mantenimiento no programado es de cada 325 horas.

• **Evento 5 – Mes de mayo**



Figura 49. Ejemplo de aplicación - mes de mayo  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

En el mes de mayo, el motor No. 4 se removió de forma no programada a un TSO de 900 horas por una falla que conllevó a que se diera de baja el motor, dado que su reparación generaba un alto costo. En este caso, la remoción y el TSO de este motor se incluirán y permanecerán en el cálculo del indicador.

- Número de motores removidos a mayo: 05

TSO Motores removidos a mayo:

- Motor No. 1: 100 horas.
- Motor No. 1: 600 horas.
- Motor No. 2: 500 horas.
- Motor No. 3: 100 horas.
- Motor No. 4: 900 horas.

El MTBUR para los motores PT6-67R es:

MTBUR (tipo de motor)	=	$\frac{\sum \text{TSO}(\text{motores removidos no programados})}{\text{numero de remociones no programadas}}$
MTBUR (PT6-67R ABRIL)	=	$\frac{100 + 600 + 500 + 100 + 900}{5}$
MTBUR (PT6-67R ABRIL)	=	440 horas

En promedio, cada 440 horas se está removiendo un motor PT6-67R por causas no programadas.

- **Evento 5 – Mes de junio**

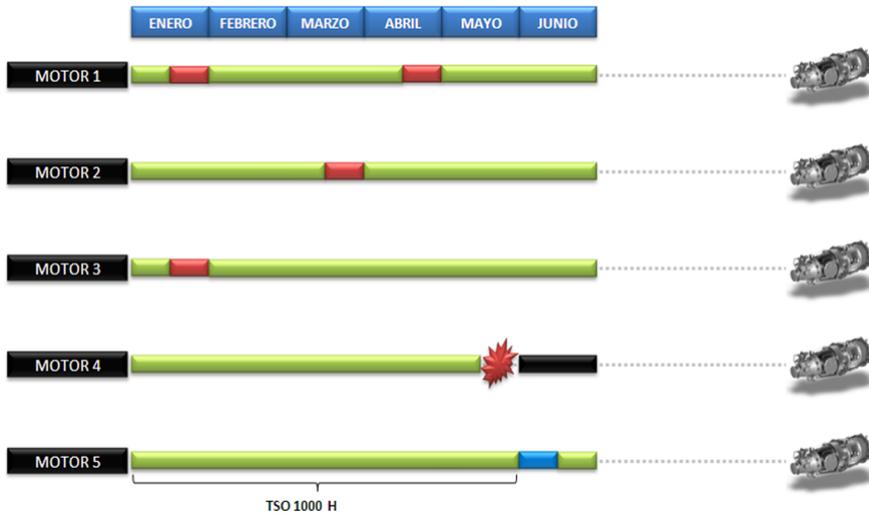


Figura 50. Ejemplo de aplicación - mes de junio  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

En el mes de junio, el motor No. 5 se removió a un TSO de 1000 horas para efectuar una serie de tareas programadas de NDI a la bancada del motor. En este caso, esta remoción no cuenta dentro del indicador, incluso si se llega a remover un motor para efectuar un trabajo programado a uno de sus componentes o porque cumplió tiempo para overhaull o HSI, por ejemplo. Este evento de remoción, de igual forma, no cuenta para el cálculo del indicador.

• Número de motores removidos a junio: 05

TSO Motores removidos a junio:

- Motor No. 1: 100 horas.
- Motor No. 1: 600 horas.
- Motor No. 2: 500 horas.
- Motor No. 3: 100 horas.
- Motor No. 4: 900 horas.

El MTBUR para los motores PT6-67R en el mes de junio es el valor obtenido durante el mes de mayo:

MTBUR (PT6-67R JUNIO) = 440 horas

En promedio cada 440 horas se está removiendo un motor PT6-67R por causas no programadas

- d. Análisis y evaluación del indicador: El MTBUR le permite al analista de Confiabilidad ejercer control sobre la frecuencia con la que se remueven los motores de manera no programada, en comparación con el tiempo entre overhaul o HSI.

Es importante que el analista observe con detalle si existe un valor bajo de horas de remociones no programadas en los motores, describiendo las causas por las cuales se removió el motor. De igual manera, se debe Verificar la viabilidad de hacer un análisis de Confiabilidad para los casos de MTBUR demasiado bajos y explicar los hallazgos y recomendaciones con miras a evitar este tipo de remociones.

### 9.6.2 Cálculo del Indicador en el Archivo de Excel

Para el registro de la información mensual de este indicador, se ha establecido, en una hoja de Excel, una serie de casillas en las que el analista deberá registrar los datos de TSO mes a mes por cada motor que sea desmontado de forma no programada; a su vez, en la primera columna (TIPO MOTOR) deberá registrarse el tipo de motor a evaluar (PT6-67R, J85-17A, ETC). Si existen varios tipos de motor, se deberá replicar una tabla para cada tipo de motor con tantas filas como motores de este tipo hayan instalados y operando.

FUERZA AEREA COLOMBIANA		INFORME ENERO 2019							RESUMEN ESTADISTICO DE LA FLOTA				
EQUIPO		LAPSO EVALUADO											
SA2-37A		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>MOTORES</b>													
<b>4.1 TIEMPO MEDIO ENTRE REMOCIONES NO PROGRAMADAS (MTBUR)</b>													
TIPO MOTOR	SERIE	100			600								350
TIPO MOTOR	SERIE			500							800		650
TIPO MOTOR	SERIE								100				100
TIPO MOTOR	SERIE					900							900
TIPO MOTOR	SERIE	100											300
TIPO MOTOR	SERIE												200
<b>4. TOTAL (MTBUR) MOTORES</b>		100	0	500	600	900	0	0	0	100	0	800	300
<b>4.1 CONSOLIDADO (MTBUR) MOTORES</b>		100	100	233,33	325	666,67	440	440	440	383,33	383,33	442,86	425

Figura 51. Ejemplo registro de información mensual en Excel  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

De esta forma, tal y como se ve en la tabla, se registran los TSO mes a mes y, automáticamente, se irá calculando el promedio y acumulado de los motores que presentaron remociones no programadas y su respectivo de MTBUR para el mes y el año.

### **9.6.3 Indicadores Automáticos**

Los indicadores de MTBF, MTTR, Confiabilidad Y tasa de fallas son indicadores automáticos, y el APM los calculará con los datos que la interfaz SAP-APM trae diariamente. Estos indicadores no podrán ser manipulados por los usuarios, pero si consultados; sin embargo, si se detectan discrepancias en los cálculos o en la cantidad o calidad de datos para estos indicadores, es deber del Jefe de la SECOA de la Unidad informar al AING – Confiabilidad Aeronáutica vía Outlook, o por el servicio de soporte técnico para APM de la FAC.

## **9.7 Información a incluir en el informe mensual de confiabilidad**

### **9.7.1 Indicadores Claves de Desempeño**

Los indicadores claves de desempeño que deberán ser incluidos en el informe mensual de Confiabilidad son:

- a. Disponibilidad.
- b. Confiabilidad de despacho.
- c. MTBF.
- d. MTBUR.
- e. Confiabilidad.
- f. MTTR.

Para este efecto, se incluirán los datos en el cuadro de resumen de indicadores el cual se muestra y explica a continuación.

EQUIPO	Disponibilidad (%)		Tiempo Medio Entre Falias (Hr/Falia)		Confiabilidad de Despacho (%)		Confiabilidad		Tiempo Medio para Reparar		Horas Voladas
	Límite	Resultado	Límite	Resultado	Límite	Resultado	Límite	Resultado	Límite	Resultado	
T-41	63.4%	70.22%	7.60	13.18	97.2%	100.00%	64.7%	80.25%	23.50	6.21	224.12
T-90 Calima	66.3%	36.78%	4.60	4.51	89.1%	97.63%	51.0%	52.58%	56.10	17.30	212.05
EMAVI											436.17

\* Ejemplo del cuadro de resumen de KPI's.

\*\*Los colores y forma se deben respetar por estandarización al presentar estos datos en reuniones de análisis estratégico.

Figura 52. Ejemplo del cuadro de resumen de indicadores  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

Este nuevo cuadro resumen de indicadores se diseñó, teniendo en cuenta la facilidad de control de indicadores y sus límites.

Aquí, el SECOA deberá registrar los datos correspondientes a cada indicador en el mes evaluado por equipo; así como los límites respectivos por equipo y Unidad.

El cuadro de resumen es proporcionado por la Subdirección de Confiabilidad Aeronáutica y no debe ser modificado en su esquema ni orden, a excepción del formato condicional; el cual hay que darle a cada uno de los límites. Este procedimiento deberá ser efectuado por cada SECOA según los límites y parámetros que establezca para sus aeronaves.

Seguidamente, se debe colocar la explicación de cada indicador por equipo que haya excedido los límites respectivos. Si el problema radica en la información que arroja el aplicativo APM, se deberá obligatoriamente sustentar esta excedencia mediante comparaciones entre los registros que presente SAP y los traídos por APM para corroborar duplicación, inexistencia o cualquier otra condición con el trámite de información entre los dos aplicativos.

### 9.7.2 Comparativo MTBF flotas últimos dos años

Se incluirá un comparativo del MTBF de los dos últimos años, con el fin de identificar las tendencias de mejora o decrecimiento de este indicador y tomar acciones mediante la realización de análisis de confiabilidad para mitigar los efectos negativos del MTBF.

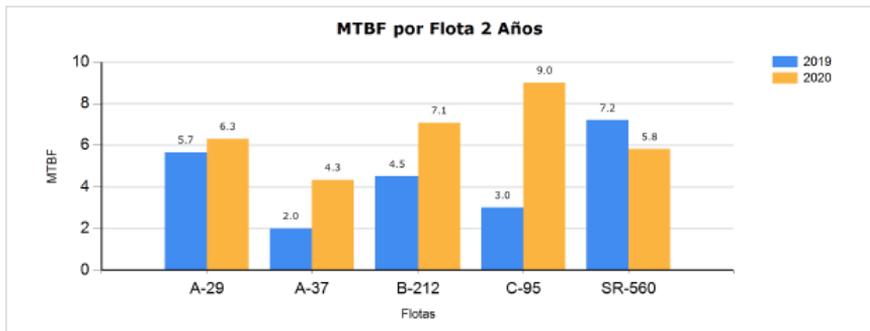


Figura 53. Ejemplo Comparativo MTBF en los equipos de CACOM-3  
Fuente: (Software APM General Electric, 2019)

### 9.7.3 Resumen de análisis de confiabilidad



#### ¡Atención!

**El análisis relacionado en la ejecución del informe mensual deberá tener, de antemano, la solicitud del respectivo código a la subdirección.**

**El análisis que no tenga la solicitud o el código no será tenido en cuenta ni abalado por el AING – Confiabilidad Aeronáutica.**

Todos los análisis que se iniciaron durante el mes se deben registrar relacionando su respectivo “Código FAC del Análisis” como se discrimina a continuación:

**9.7.3.1 Análisis iniciados por informe de evento crítico (IEC).** Se deben registrar todos los análisis que se iniciaron durante el mes que hayan sido producto de Informe Eventos Críticos (IEC) en un cuadro como el que se muestra en la siguiente figura.

**9.7.3.2 Análisis iniciados por fallas recurrentes.** Se deben registrar todos los análisis que se iniciaron durante el mes que hayan sido generados por fallas recurrentes en un cuadro como el que se muestra en la siguiente figura.

**9.7.3.3 Análisis iniciados por desfase de indicadores.** Se deben registrar todos los análisis que se iniciaron durante el mes a causa de “Desfase de cualquier indicador” en un cuadro como el que se muestra en la siguiente figura.

**9.7.3.4 Análisis solicitados por los Comandantes o producto de una reunión o junta técnica.** Se deben registrar todos los análisis que se iniciaron durante el mes, a solicitud de los Comandantes o como producto de una reunión o junta técnica, en un cuadro como el que se muestra en la siguiente figura.

### 9.7.4 Porcentaje de Avance de los Análisis en Estado de Desarrollo y en Revisión

Se debe relacionar mes a mes el porcentaje de avance de todos y cada uno de los análisis que se encuentran en estado de “Desarrollo”, en “Revisión”, en “Implementación” y en “Seguimiento” en un cuadro como el que se aprecia en la siguiente figura:

Fecha de Inicio	Código de Análisis	Tipo de Análisis	Observaciones	Porcentaje de Avance Actual
December 15, 2019	ANII-039-ART	TIPO II	SE RELIZA EL ANALISIS Y SE ENVIA A CDTE CAMAN Y SEDYE PARA RESPECTIVO ANALISIS Y VERIFICACION DE TAREAS	55
December 15, 2019	ANII-039-ART	TIPO II	SE REALIZA VERIFICACION POR PARTE DEL ESMAN Y SE ENCUENTRA EN ANALISIS PARA CUMPLIMIENTO DE LA RECOMENDACIÓN.	60
February 04, 2020	ANII-042-ART	TIPO II	Verificación de avisos de mantenimiento y de indicadores de la aeronave en los últimos 2 años. Se realiza filtro a las fallas y se determinan las principales fallas y afectaciones a la operación y disponibilidad	5

Figura 54. Cuadro de porcentaje de avance de los análisis.  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

Si el porcentaje incrementó con respecto al mes anterior, se debe relacionar qué tareas o actividades se realizaron durante el mes; de lo contrario, si no hubo avance en el porcentaje, se deben explicar los motivos por los cuales no se avanzó en dicho análisis durante el mes.

## 9.8 Evaluación y seguimiento

Como complemento al control de las recomendaciones llevado en la forma FAC4-220T, para el informe mensual de Confiabilidad, se debe realizar un cuadro que contenga el total de recomendaciones implementadas, el total de las recomendaciones que están en proceso de implementación y el total de las recomendaciones que aún no se han implementado o no tienen algún avance. Para esto, se debe realizar un conteo del total de las recomendaciones emitidas por la Sección ya sean a través de un análisis de Confiabilidad o mediante acta de reunión o junta técnica.

Vale la pena aclarar que las recomendaciones que se emitan a través de juntas o reuniones también deben estar incluidas en la forma FAC4-220T y se diferenciaran de las emitidas por los análisis, dado que en lugar del número del análisis en la forma FAC, se debe relacionar el número y la fecha del acta en la que se emitió la recomendación.

De acuerdo con lo anterior, en el informe mensual de Confiabilidad se deberá incluir la siguiente información:

- a. Recomendaciones implementadas en el mes.
- b. Recomendaciones en implementación.
- c. Recomendaciones por implementar.
- d. Explicación de las recomendaciones implementadas, en implementación y por implementar.

Para cada uno de los estados de la recomendación se debe anexar la siguiente información

Rec ID	Código de Análisis	Fecha Creación	Plazo implementación	Fecha implementada	% Avance Calendario
REC-1034	ANII-039-ART	February 02, 2020	April 25, 2020	April 30, 2020	100.00%
REC-1109	ANII-043-ART	May 06, 2020	May 27, 2020		9.52%
REC-1041	ANII-045-HUEY II	April 02, 2020	April 30, 2020	April 30, 2020	100.00%
REC-1042	ANII-045-HUEY II	April 02, 2020	April 30, 2020	April 30, 2020	100.00%
REC-1043	ANII-045-HUEY II	April 02, 2020	June 30, 2020		40.45%
REC-1044	CM-319-HUEY II	April 02, 2020	July 31, 2020		30.00%
REC-1045	CM-319-HUEY II	April 02, 2020	July 31, 2020		30.00%
REC-1046	CM-319-HUEY II	April 02, 2020	December 31, 2020		13.19%
REC-1047	CM-319-HUEY II	April 02, 2020	December 31, 2020		13.19%

Figura 55. Datos requeridos para las recomendaciones  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

Para los tres estatus de recomendaciones se deben relacionar las acciones tomadas por parte de la Sección de Confiabilidad para la implementación de las recomendaciones (El número de Oficio de los oficios enviados a otras dependencias, actas de reuniones, órdenes verbales, etc.). Es de recordar que para realizar la evaluación y seguimiento a las recomendaciones, siempre debe quedar en la Sección de Confiabilidad la evidencia de lo emitido.

**NOTA:** Se debe tener en cuenta que a medida que se obtiene más conocimiento y experiencia en el manejo del APM, en el desarrollo de queries, cálculos de indicadores, diagramas de Pareto, y cuadros de control de análisis y recomendaciones, el informe se irá automatizando de modo que todo se pueda consultar, graficar y presentar a partir del aplicativo, tanto al GRUTE como al comando de la Unidad en tiempo real.

## ANEXO A. Normas para la presentación del informe mensual

El informe mensual de Confiabilidad deberá contener los siguientes ítems:

- a. Portada.
- b. Grafico MTBF flotas últimos 2 años
- c. Recomendación para la mejora del MTBF
- d. Resumen general de KPI y sustentación de indicadores por fuera de límites.
- e. Cuadro de control de análisis.
- f. Cuadro de control de recomendaciones.

Estos ítems se explican a continuación:

### A. Portada

El nuevo informe mensual, en la primera página, debe presentar una portada como la que se muestra en la siguiente figura:



Figura 56. Portada informe mensual de Confiabilidad  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

En ella deben figurar los datos allí referidos para cada Unidad y los títulos de acuerdo con cada Base y mes evaluado.

## B. Grafico MTBF flotas últimos 2 años

La segunda página debe contener el siguiente grafico comparativo del MTBF de los últimos dos años:

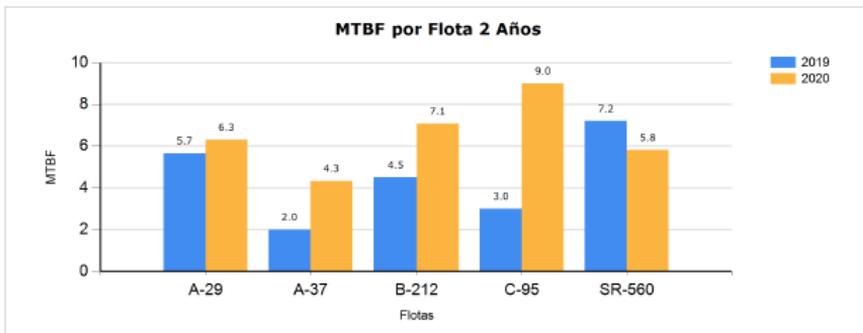


Figura 57. MTBF por flota últimos dos años  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

## C. Recomendación para la mejora del MTBF

Todos los meses se debe generar una recomendación para la mejora del MTBF de las flotas de la Unidad con el siguiente formato:

<b>ID de Recomendación</b>	REC-1165
<b>Título</b>	Implementacion del uso de datos en el escuadrón mantenimiento.
<b>Descripción</b>	Capacitación y exigencia del uso de datos de confiabilidad en cada uno de los talleres del Grupo Técnico con el fin de que en base del conocimiento mejoren la calidad del mantenimiento.
<b>Responsable en la Unidad</b>	TE. RODRIGUEZ RAMIREZ DIEGO
<b>Fecha deseada</b>	July 31, 2020
<b>Fecha requerida</b>	July 28, 2020
<b>Base recomendación</b>	Información

Figura 58. Formato recomendación informe mensual  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

## D. Resumen general de KPI y sustentación de indicadores por fuera de límites.

EQUIPO	Disponibilidad (%)		Tiempo Medio Entre Falias (HV/Falia)		Confiabilidad de Despacho (%)		Confiabilidad		Tiempo Medio para Reparar		Horas Voladas
	Limite	Resultado	Limite	Resultado	Limite	Resultado	Limite	Resultado	Limite	Resultado	
T-41	63.4%	70.22%	7.60	13.18	97.2%	100.00%	64.7%	80.25%	23.50	6.21	224.12
T-90 Calima	66.3%	36.78%	4.60	4.51	89.1%	97.63%	51.0%	52.58%	56.10	17.30	212.05
EMAVI											436.17

Figura 59. Cuadro de resumen de indicadores

Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

Indicador por fuera de Límites	Flota y Cola que más influyo	Descripción breve de las razones que justifican el resultado del indicador
Confiabilidad	A-29B: FAC3119, FAC3121; B212: FAC4001, FAC4007; C-95: FAC1270; SR560: FAC5764; A-37B: Toda la flota.	Indicador por debajo de límites en 02 de las 05 flotas logísticamente asignadas a la unidad, El equipo A-29B fue afectado por las fallas de la aeronave. FAC3121 que bajo su promedio, el equipo SR-560 sufrió afectación en el promedio por el FAC5760 que tubo apenas 0.29% de confiabilidad porque solo voló 1.2hrs y presentó dos fallas por garantía. el FAC5762 tambien tubo una baja confiabilidad durante el mes.
Confiabilidad de Despacho	N/A	Indicador por encima de limites
Disponibilidad	A-29B: FAC3119, FAC3121; B212: FAC4001, FAC4007; C-95: FAC1270; SR560: FAC5764; A-37B: Toda la flota.	Indicador por debajo de limites en el equipo B-212, debido a que de las 04 aeronaves de la flota, 03 aeronaves se encontraban en mantenimiento durante la mayor parte del mes, en el momento solo 01 se encuentra operativa. El equipo A-37B tiene disponibilidad "0" debido a que se encuentra en evaluación.
MTBF	A-29: FAC3121; SR-560: FAC5760, FAC5762.	Indicador por debajo de límites en 02 de las 05 flotas logísticamente asignadas a la unidad, El equipo A-29B fue afectado por las fallas de la aeronave FAC3121 presentó un MTBF de 2.97hrs 7 fallas que en su mayoría fueron falla repetitiva y descarte de fallas. El equipo SR-560 sufrió afectación en el promedio por el FAC5760 que tubo apenas 0.6hrs de MTBF porque solo voló 1.2hrs y presentó dos fallas por garantía. El FAC5762 tambien tubo una baja confiabilidad durante el mes presentado 11 fallas en 24hrs de vuelo.
MTBUR	N/A	Indicador dentro de limites
MTTR	A-29B: FAC3121.	Indicador por encima de limites en el equipo A-29B debido al promedio de reparación de la aeronave FAC3121 de 36.82hrs.

Figura 60. Sustentación de los indicadores

Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

Seguido del cuadro, en la parte inferior, se debe redactar la sustentación de los indicadores que se encuentran fuera de los límites y las acciones tomadas, o a tomar por SECOA para corregirlos. Si no hay indicadores fuera de los límites a nivel de equipo y/o Unidad, se deberán Verificar e incluir los resultados por cola; en el caso de que por tres (03) meses consecutivos los indicadores estén dentro de límites, se deberán ajustar los límites.

## E. Cuadro de control de análisis.

Se deben actualizar todos los análisis de confiabilidad que se encuentren en desarrollo, revisión, implementación y seguimiento, describiendo los avances que ha tenido en cada mes.

Fecha de Inicio	Código de Análisis	Tipo de Análisis	Observaciones	Porcentaje de Avance Actual
April 16, 2019	ANII-009-T90	TIPO II	REC-895: 10-Jul-2019 (RCA 32) - Cumplida ANII-011-T90 REC-896: 10-Jul-2019 (RCA 27) Cumplida ANII-014-T90 REC-897: 09-Sep-2019 (FMA 34) Cumplida Reliability Growth APM REC-898: 09-Sep-2019 (FMA 72) Cumplida Reliability Growth APM REC-899: 09-Sep-2019 (FMA 24) Cumplida Reliability Growth APM	100
February 28, 2019	ANII-008-T-41	TIPO II	REC-889: 09-Sep-2019 (FMEA 34) - Cumplida Reliability Growth APM REC-890: 09-Sep-2019 (RCA 32) - Cumplida Reliability Growth APM REC-892: 09-Sep-2019 (FMEA 28) - Cumplida Reliability Growth APM REC-893: 09-Sep-2019 (FMEA 72) - Cumplida Reliability Growth APM REC-894: 09-Sep-2019 (FMEA 27) - Cumplida Reliability Growth APM	100
June 06, 2019	ANII-010-EMAVI	TIPO II	REC-1081: 05-07-2019 Cumplida implemento Informe Confiabilidad REC-1083: 06-Jun-2019 Cumplida oficio 20195550099373 REC-1084: 06-Jun-2019 Cumplida oficio 20195550099363	100
July 10, 2019	ANII-014-T90	TIPO II	Durante el mes no se realizo ningun avance	40
July 10, 2019	ANII-014-T90	TIPO II	REC-1088: Se avanza con el Análisis FMEA T-90 Calima ATA 27 (Lognormal) 2016-2018 REC-1089: 23-08-2019 Cumplida oficio 20195550018151.	70
July 10, 2019	ANII-014-T90	TIPO II	REC-1088: Se escargan y desifican falles ultimos años para continuar con el Análisis FMEA T-90 Calima ATA 27 (Lognormal) 2016-2018.	72

Figura 61. Tabla resumen avances análisis de confiabilidad  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

## F. Cuadro de control de recomendaciones.

En la siguiente página debe aparecer el cuadro de control de implementación de recomendaciones.

Rec ID	Código de Análisis	Fecha Creación	Plazo implementación	Fecha implementada	% Avance Calendario
REC-895	ANII-009-T90	April 16, 2019	December 31, 2019	July 10, 2019	100.00%
REC-896	ANII-009-T90	April 16, 2019	December 31, 2019	July 10, 2019	100.00%
REC-897	ANII-009-T90	April 16, 2019	December 31, 2019	September 09, 2019	100.00%
REC-898	ANII-009-T90	April 16, 2019	December 31, 2019	September 09, 2019	100.00%
REC-899	ANII-009-T90	April 16, 2019	December 31, 2019	September 09, 2019	100.00%
REC-889	ANII-008-T-41	February 28, 2019	December 31, 2019	September 09, 2019	100.00%
REC-890	ANII-008-T-41	February 28, 2019	December 31, 2019	September 09, 2019	100.00%
REC-892	ANII-008-T-41	February 28, 2019	December 31, 2019	September 09, 2019	100.00%
REC-893	ANII-008-T-41	February 28, 2019	December 31, 2019	September 09, 2019	100.00%
REC-894	ANII-008-T-41	February 28, 2019	December 31, 2019	September 09, 2019	100.00%
REC-1081	ANII-010-EMAVI	June 06, 2019	July 10, 2019	July 05, 2019	100.00%
REC-1083	ANII-010-EMAVI	June 06, 2019	June 09, 2019	June 06, 2019	100.00%
REC-1084	ANII-010-EMAVI	June 06, 2019	June 09, 2019	June 06, 2019	100.00%
REC-1088	ANII-014-T90	July 10, 2019	June 30, 2020		93.82%
REC-1089	ANII-014-T90	July 10, 2019	December 22, 2019	August 23, 2019	100.00%
REC-1091	ANII-011-T90	July 10, 2019	September 10, 2019	August 23, 2019	100.00%

Figura 62. Cuadro de resumen recomendaciones del año  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

Siguiendo las instrucciones dadas anteriormente, se espera un informe mensual de confiabilidad mucho más ejecutivo, de no más de seis (06) páginas de contenido y con información que presente el trabajo de los tres (03) subprocesos (información, análisis, y evaluación y seguimiento).

## ANEXO B. Instructivo para el diligenciamiento de la forma FAC4-216T “Informe de evento crítico”

El informe de evento crítico es la herramienta mediante la cual se emite, de manera oficial, un evento crítico ocurrido en cualquier aeronave de la FAC. Es de vital importancia que sea claro, lógico y que contenga toda la información contenida en el informe, para tal fin, el Área de Ingeniería – Confiabilidad Aeronáutica estableció la forma FAC4-216T última revisión, la cual puede ser consultada en la biblioteca virtual de DILOA-SUMAN. Ejemplo del correcto diligenciamiento de la forma se muestra en la figura 71.

1. TIPO DE EVENTO CRÍTICO		
1	Reportes de fuego durante el vuelo, especificando si el sistema de detección asociado funcionó adecuadamente.	
2	Reportes de fallas en controles de vuelo que deriven en la ejecución de un procedimiento de emergencia.	
3	Fallas durante vuelo que causen daños al motor, a la estructura, equipos o componentes adyacentes.	
4	Reportes en vuelo de acumulación o circulación de humo, vapor, o emanaciones nocivas en el compartimiento de cabina o pasajeros.	
5	Cortes de motor durante el vuelo, cuando ocurre una falla externa al motor o a la estructura de la aeronave.	
6	Cortes de motor durante el vuelo, debido a ingestión de objetos extraños o hielo.	
7	Reportes sobre la fallas del sistema de combustible o del sistema de descarga de combustible que afecten el flujo normal o causen una fuga peligrosa durante el vuelo.	
8	Operación anormal de la extensión o retracción del tren de aterrizaje o fallas en vuelo referentes a la operación normal de las compuertas del tren de aterrizaje.	
9	Fallas de los componentes del sistema de frenos que resulten en la pérdida de la fuerza actuante sobre los frenos cuando la aeronave está en movimiento en tierra.	
10	Fallas de componentes o sistemas de la aeronave que deriven en la ejecución de un procedimiento de emergencia.	
11	Fallas de los sistemas de embanderamiento de hélice o incapacidad del sistema de controlar la sobre velocidad durante el vuelo.	
12	Fallas de los sistemas de evacuación de emergencia y/o sus componentes incluyendo salidas de emergencia, sistema de luces de evacuación de emergencia de pasajeros que sucedan durante una situación de emergencia o durante la instrucción, prueba de mantenimiento y demostración o que se activen inadvertidamente.	
13	Fallas de la estructura de la aeronave que requieran reparación mayor.	
14	Fisuras, deformaciones permanentes, corrosión de la estructura de la aeronave, más allá del máximo permitido por el fabricante.	
2. INFORMACIÓN GENERAL		
FECHA	CODIGO ACR	UNIDAD
EQUIPO	MATRICULA FAC	HORAS TOTALES
FACILITADOR	INGENIERIA	CALIDAD
ESPECIALISTA 1	ESPECIALISTA 2	ESPECIALISTA 3

FORMA FAC4-216T AISK-2018 - 1 -

Figura 63. Página inicial forma FAC4-216T  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

	<b>FUERZA AÉREA COLOMBIANA</b>
	<b>INFORME EVENTO CRÍTICO</b>

1. TIPO DE EVENTO CRÍTICO		
	1	Reportes de fuego durante el vuelo, especificando si el sistema de detección asociado funcionó adecuadamente.
	2	Reportes de fallas en controles de vuelo que deriven en la ejecución de un procedimiento de emergencia.
	3	Fallas durante vuelo que causen daños al motor, a la estructura, equipos o componentes adyacentes.
	4	Reportes en vuelo de acumulación o circulación de humo, vapor, o emanaciones nocivas en el compartimiento de cabina o pasajeros.
	5	Cortes de motor durante el vuelo, cuando ocurre una falla externa al motor o a la estructura de la aeronave.
	6	Cortes de motor durante el vuelo, debido a ingestión de objetos extraños o hielo.
	7	Reportes sobre la fallas del sistema de combustible o del sistema de descarga de combustible que afecten el flujo normal o causen una fuga peligrosa durante el vuelo.
X	8	Operación anormal de la extensión o retracción del tren de aterrizaje o fallas en vuelo referentes a la operación normal de las compuertas del tren de aterrizaje.
	9	Fallas de los componentes del sistema de frenos que resulten en la pérdida de la fuerza actuante sobre los frenos cuando la aeronave está en movimiento en tierra.
	10	Fallas de componentes o sistemas de la aeronave que deriven en la ejecución de un procedimiento de emergencia.
	11	Fallas de los sistemas de embanderamiento de hélice o incapacidad del sistema de controlar la sobre velocidad durante el vuelo.
	12	Fallas de los sistemas de evacuación de emergencia y/o sus componentes incluyendo salidas de emergencia, sistema de luces de evacuación de emergencia de pasajeros que sucedan durante una situación de emergencia o durante la instrucción, prueba de mantenimiento y demostración o que se activen inadvertidamente.
	13	Fallas de la estructura de la aeronave que requieran reparación mayor.
	14	Fisuras, deformaciones permanentes, corrosión de la estructura de la aeronave, más allá del máximo permitido por el fabricante.

2. INFORMACIÓN GENERAL				
FECHA		CODIGO ACR		UNIDAD
06/11/2019		IEC-C3-071-C95		CACOM-3
EQUIPO		MATRICULA FAC		HORAS TOTALES
C-95		FAC1271		6245:22
FACILITADOR		INGENIERÍA		CALIDAD
ST. JAVIER PEÑA		ST. DIAZ ALEJANDRO		TP. BUSTAMANTE JHON INSPECTOR FLOTA C-95
ESPECIALISTA 1		ESPECIALISTA 2		ESPECIALISTA 3
T2. CORTES PABLO		-		-
2.1 DATOS DE TRIPULACIÓN Y VUELO				
CARGO	GRADO	APELLIDOS Y NOMBRES	CEDULA MILITAR	VIGENCIA AUTONOMIA
PIL	CT	RESTREPO GALEANO EDUARDO	80.505.716	14-12-2019
COP	ST	SERRANO BARRERO LUIS	80.189.883	06-12-2019
ORDEN DE VUELO No.		FASE DE VUELO		RUTA
3129		A. EN CARRERA DE DECOLAJE		BAQ-LOCAL-BAQ
3. DESCRIPCIÓN DEL EVENTO				
<p>EL DÍA 06 DE NOVIEMBRE, EL C-95 FAC1271 EN CARRERA DE DECOLAJE, EL SISTEMA DE INDICACIÓN DE TREN DE ATERRIZAJE SE MOSTRO EN TRANSICIÓN, AL MISMO TIEMPO SE ENCENDIÓ LA LUZ DE FLUIDO HIDRÁULICO BAJO EN EL PANEL MÚLTIPLE DE ALARMAS, SE PROCEDIÓ A HACERLO POR EMERGENCIA DE ACUERDO A LISTA DE CHEQUEO Y BAJARON INDICANDO TRENS ABAJO Y ASEGURADOS, POSTERIORMENTE DURANTE LA MANIOBRA DE ATERRIZAJE SE CONSUME EL REMANTE DE HIDRÁULICO MEDIANTE EL SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENOS. LA AERONAVE QUEDA SIN PRESIÓN HIDRÁULICA EN FRENOS Y SE DETIENE POR INERCIA A LA ALTURA DE LA ENTRADA DELTA DEL AEROPUERTO ERNESTO CORTIZOS.</p>				
3.1 DATOS DE MANTENIMIENTO				
MODO DE FALLA	SISTEMA	SUBSISTEMA	ELEMENTO	
209	29	00	HOSE ASSY GEAR UP NORMAL	
TIEMPO DESDE NUEVO	TIEMPO DESDE OVERHAUL	TIEMPO DESDE INSPECCIÓN	TIPO DE INSPECCIÓN	
545:22	N/A	6153:50	INSPECCIÓN 150 HRS	

TIEMPO ESTIMADO DE PARALIZACIÓN		
APROXIMADAMENTE HASTA EL 21 DE NOVIEMBRE POR FALTA DEL ELEMENTO.		
3.2 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA EFECTUADOS		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. BOMBA BOOSTER OFF, VÁLVULA SELECTORA EN EMERGENCIA.</li> <li>2. BAJAR EL TREN POR EMERGENCIA.</li> <li>3. ATERRIZAR EN PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA.</li> </ol>		
4. CAUSAS PRELIMINARES GENERADORAS DEL EVENTO		
4.1 CAUSAS DE CARÁCTER TÉCNICO		
1. MANGUERA HOSE ASSY GEAR UP NORMAL ROTA.		
4.2 CAUSAS DE CARÁCTER LOGÍSTICO		
N/A		
5. ACCIONES TOMADAS PARA RESTABLECER LA CONDICIÓN O MITIGAR EL RIESGO		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CONECTAR A TESTER HIDRÁULICO PARA PROPORCIONAR PRESIÓN UNA VEZ GATEADO LA AERONAVE.</li> <li>2. SUMINISTRAR PRESIÓN PARA PRUEBAS.</li> <li>3. EFECTUAR CICLO DE SUBIR Y BAJAR EL TREN, DETECTÁNDOSE LA FUGA EN LA MANGUERA HOSE ASSY GEAR UP NORMAL.</li> <li>4. INSTALAR MANGUERA DE CAMBIO.</li> <li>5. SOMETER A PRUEBAS CON PRESIÓN CON TESTER HIDRÁULICO, EFECTUANDO 10 CICLOS ARRIBA Y ABAJO.</li> <li>6. INSPECCIONAR VISUALMENTE POR CONDICIÓN MANGUERAS RESTANTES DEL SISTEMA DE TREN DE ATERRIZAJE. remueve el s/n 97321, se cambia la gcu motor 1, se inter-cambia la rcr, se remueve el generador motor 2 s/n 3780 y se pasa al motor 1 y se remueve el s/n 97321, se cambia la gcu motor 1, se intercambia la rcr,</li> </ol>		
Elaboró:	Aprobó:	Vo. Bo.:
ASESOR TÉCNICO	JEFE DE CONFIABILIDAD	COMANDANTE DE GRUPO TÉCNICO

Figura 64. Ejemplo diligenciamiento forma FAC4-216T  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

## ANEXO C. Instructivo para el diligenciamiento de la forma FAC4-217T “Informe de análisis de evento”

El informe de análisis de evento es la herramienta mediante la cual se emite, de manera oficial, un análisis de confiabilidad de nivel I. Es de vital importancia que sea claro, lógico y que contenga toda la información trabajada en el análisis, para tal fin, el Área de Ingeniería – Confiabilidad Aeronáutica estableció la forma FAC4-217T última revisión, la cual puede ser consultada en la biblioteca virtual de DILOA-SUMAN. Mencionada forma incluye las instrucciones para su diligenciamiento.

	FUERZA AEREA COLOMBIANA	
	INFORME ANÁLISIS DE EVENTO	
FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA FUERZA AÉREA		
INFORME ANÁLISIS DE EVENTO (TÍTULO DEL EVENTO)		
[Código registrado en el Control de Análisis de Evento, el cual será suministrado por el Área de ingeniería cada vez que se inicie un análisis]		
[UNIDAD] GRUPO TÉCNICO		
FECHA [Fecha en que se inicia el análisis]		
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Grado, Apellidos y Nombres Jefe Sección Confiabilidad	Grado, Apellidos y Nombres Área de Ingeniería	Grado, Apellidos y Nombres Comandante Grupo Técnico
Forma FAC4-217T ABR-2018		Página 1 de 7

Figura 65. Portada forma FAC4-217T  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

## **ANEXO D. Instructivo para el manejo y diligenciamiento de la forma FAC4-218T “Control de eventos críticos”**

### **A. Objetivo**

Definir parámetros para el correcto manejo, diligenciamiento y uso de la forma FAC4-218T “CONTROL DE EVENTOS CRÍTICOS” para el control y seguimiento de eventos críticos que se vayan generando durante la operación de las aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana.

### **B. Propósito**

Este anexo estandariza la manera como las Secciones de Confiabilidad de cada una de las Unidades Logísticas de la Fuerza Aérea Colombiana deben diligenciar y controlar los Eventos Críticos mediante el uso de la forma FAC4-218T “CONTROL DE EVENTOS CRÍTICOS”.

### **C. Aspectos generales**

La forma FAC4-218T es un archivo digital, realizado en Excel, que se puede encontrar y bajar de la Biblioteca Virtual Aeronáutica.

La forma FAC4-218T de cada Unidad debe contener todos los Eventos Críticos desde la fecha en que inició el área de Confiabilidad en cada Unidad hasta la actualidad, con el objeto de mantener una estadística.

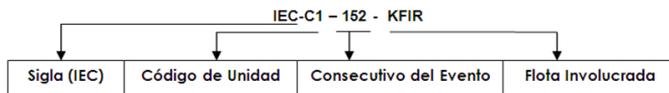
En complemento a la forma FAC4-218T, cada Unidad debe tener un archivo físico y magnético de los eventos críticos desde la fecha que inició el área de Confiabilidad en cada Unidad hasta la actualidad. Estos archivos deben estar completos y con sus respectivas firmas; pueden ser revisados en las diferentes auditorias que realice el Sistema de Gestión de Calidad.

### **D. Diligenciamiento**

La forma FAC4-218T está compuesta por siete (07) columnas, las cuales se describen a continuación y deben ser diligenciadas de la siguiente manera:

**CÓDIGO:** Es el número de identificación que da la Subdirección de Confiabilidad a los diferentes eventos críticos. Este número debe ser solicitado a la Subdirección cuando se genere un evento crítico.

La Codificación de los eventos críticos es:



El código de unidad es:

UNIDAD	CODIGO
CACOM-1	C1
CACOM-2	C2
CACOM-3	C3
CACOM-4	C4
CACOM-5	C5
CACOM-6	C6
CATAM	CT
CAMAN	CM
EMAVI	EM
GACAS	GK
GAORI	GO
GACAR	GC

Figura 66. Codificación de los eventos críticos  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

- La sigla IEC: Corresponde al “Informe de Evento Crítico” para que los códigos no sean confundidos con el de los análisis.
- El consecutivo del Evento Crítico: será dado por La Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento – Área Confiabilidad Aeronáutica, teniendo en cuenta el conteo de todos los Eventos Críticos Ocurridos por las diferentes Unidades Aéreas.
- La flota Involucrada: Corresponde a la flota a la que pertenece la aeronave que le ocurrió el Evento.
- **FECHA:** Se debe diligenciar la Fecha en que ocurrió el evento crítico.
- **FAC:** Se debe registrar el número de cola de la aeronave a la que le ocurrió el evento crítico.

- **HORAS AERONAVE:** Se deben registrar las horas totales de la aeronave, en el momento en el que ocurre el evento crítico.
- **EVENTO CRÍTICO:** Se coloca el nombre del evento crítico de forma resumida.
- **SISTEMA:** Se coloca el sistema que falló y produjo el evento crítico.
- **FACILITADOR:** Se coloca el nombre y grado de la persona del área de Confiabilidad que recolectó la información y diligenció el evento crítico; de igual manera, es la misma persona que servirá de facilitador para la realización del análisis, en caso de que se requiera.

El facilitador es el encargado de informar si se le inicia o no el respectivo análisis al evento crítico. Si no amerita hacer un análisis, el facilitador debe sustentar, por Outlook o por intermedio de un oficio, las razones por las cuales no se inició dicho análisis. De lo contrario, si se inicia análisis, el Facilitador debe solicitar el código del análisis a la subdirección de Confiabilidad de inmediato.

FUERZA AEREA COLOMBIANA						No:	FAC4-221T
REGISTRO DE EVENTOS CRITICOS						REVISION:	4
						FECHA:	ABR-2018
CODIGO	ITEM	FECHA	FAC	HORAS AERONAVE	EVENTO CRITICO	SISTEMA	MODULO DE FALLA
IEC-C5-185-UH-60A/L	1	21/08/2012	4109	7148:20:00	El día 21 de agosto de 2012 durante el vuelo de traslado de la aeronave FAC 4109 a Colombia por finalización de trabajos de modernización A to L, el piloto decidió cancelar la misión al encenderse las luces de balnera del Generador No. 2 y luz de Modulo Accesorios No. 2 simultaneamente por lo cual el piloto realizó el procedimiento de emergencia de acuerdo a lista de chequeo y se aterrizó con precaución en la ciudad de Veracruz (México). Una vez la aeronave se encontraba con los motores en posición IDLE se apagó inesperadamente el motor No 2. Posterior al apagado de la aeronave se verifica la condición del combustible encontrando contaminación en el mismo.	24	FRACTURA DEL SPLINE ADAPTER DEL GENERADOR No.2

Figura 67. Forma FAC4-218T

Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

## **ANEXO E. Instructivo para el manejo y diligenciamiento de la forma FAC4-220T “Control de análisis de eventos”**

### **A. Objetivo**

Definir parámetros para el correcto manejo, diligenciamiento y uso de la forma FAC4-220T “CONTROL DE ANÁLISIS DE EVENTOS”, para el control y seguimiento de análisis y recomendaciones emitidas por la SUMAN – AING y SECOA de la FAC.

### **B. Propósito**

Este anexo estandariza la manera como las SECOA de cada una de las Unidades Logísticas de la FAC deben presentar, incluir y controlar la realización y avances de los análisis de Confiabilidad e implementación de las recomendaciones emitidas mediante el uso de la forma FAC4-220T “CONTROL DE ANÁLISIS DE EVENTOS”.

### **C. Aspectos generales**

- La forma FAC4-220T es una familia de APM,
- La forma FAC4-220T de cada Unidad debe contener todos los análisis de Confiabilidad y recomendaciones emitidas desde la fecha en que inició el área de Confiabilidad en cada Unidad hasta la actualidad.
- Las Secciones de Confiabilidad deben estar alineadas con la forma FAC4-220T; la cual lleva la SUMAN – AING – Confiabilidad Aeronáutica y compila la información de todas la Unidades de la FAC.
- Como complemento a la forma FAC4-220T, cada Unidad debe tener un archivo físico y magnético de todos los análisis realizados y recomendaciones emitidas desde la fecha que inició

el área de Confiabilidad en cada Unidad hasta la actualidad. Estos archivos deben estar completos y con sus respectivas firmas; también, deben contener toda la evidencia de los planes de acción o acciones realizadas para la implementación, evaluación y seguimiento de las recomendaciones emitidas. Así mismo esta información se cargará a un servidor de APM destinado para tal fin.

- La forma FAC4-220T es uno de los puntos de auditorías del Sistema de Gestión de Calidad; en consecuencia, es responsabilidad del Jefe de SECOA de cada una de las Unidades, garantizar que el personal bajo su mando siempre tenga esta forma actualizada y debidamente diligenciada, así como los soportes necesarios, tales como, archivos físicos y digitales de los análisis realizados, y evidencia de la implementación y seguimiento de las recomendaciones, en caso de que sean requeridos.
- Dentro de la forma FAC4-220T también se puede registrar y llevar el control de todas las recomendaciones que NO se generen a partir de algún tipo de análisis complejo, es decir, que se pueden incluir las recomendaciones emitidas a partir de actas, juntas técnicas, análisis nivel II u órdenes emitidas.

## **D. Diligenciamiento**

La forma FAC4-220T está compuesta por 13 casillas, las cuales se describen y deben ser diligenciadas de la manera como se indica a continuación.

**Código:** Es el número de identificación que da, la SUAMN – AING – Confiabilidad Aeronáutica, a los análisis de Confiabilidad (RCA, RCM, WEIBULL, CROW AMSAA, etc.).

Para el caso de implementación y seguimiento a recomendaciones que no son emitidas en razón de un análisis específico, en este campo se debe colocar el número de acta o de junta técnica en la cual se emitió la orden o se generaron las recomendaciones.

**Evento:** Se coloca el nombre del análisis. Para el caso de implementación y seguimiento de recomendaciones que no surgen de un análisis, se coloca el título del acta o junta técnica, o se describe brevemente el evento en razón del cual se emiten las recomendaciones.

**Facilitador:** Se coloca el nombre y grado de la persona de la Sección de Confiabilidad que servirá de facilitador para la realización del análisis.

**Equipo de análisis:** Se escriben los grados y nombres de las personas que conformaran el equipo de análisis. Para el caso de la implementación y seguimiento de recomendaciones que no son emitidas en razón de un análisis específico, se coloca el nombre de las personas que se harán cargo de la implementar o supervisar la implementación de las recomendaciones emitidas.

**Fecha de inicio:** Se escribe la fecha en la cual inicia el análisis. Para el caso de la implementación y seguimiento de recomendaciones que no son emitidas en razón de un análisis específico, se coloca la fecha del acta, junta técnica o día en que se emitió la orden.

**Fecha de cierre análisis:** Se escribe la fecha en la cual todas las recomendaciones del análisis ya fueron implementadas.

Para el caso de implementación y seguimiento de recomendaciones que no son emitidas en razón de un análisis específico, se escribe la fecha en la cual las recomendaciones emitidas ya fueron implementadas.

**NOTA:** La fecha de cierre del análisis no es la fecha en que se termina o emite el documento con firmas y oficio del mismo. Por lo tanto, hasta cuando no se hayan implementado todas las recomendaciones emitidas, esta casilla deberá permanecer en blanco. Esta casilla SOLO debe diligenciarse hasta que el análisis este en estado de “cerrado y en seguimiento”.

**Estado del análisis:** Dentro del proceso de realización e implementación de un análisis de Confiabilidad, existen 5 fases, en las cuales se debe clasificar:

**Fase 1 – En desarrollo:** Un análisis es clasificado en esta fase cuando está en su parte inicial de elaboración, estructuración y desarrollo del mismo.

**Fase 2 – En revisión:** Un análisis es clasificado en esta fase cuando ya se ha terminado de elaborar, estructurar y desarrollar, y fue enviado a la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento para ser revisado y aprobado.

**Fase 3 – En implementación:** Un análisis es clasificado en esta fase cuando ya ha sido revisado, corregido y aprobado por la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, y la Sección de Confiabilidad que realizó el análisis ha enviado a la Dirección Logística Aeronáutica un oficio remisorio con firma del Comandante de la Unidad, con el documento oficial del análisis completo, debidamente firmado por todos los integrantes del equipo de análisis, de acuerdo con lo establecido en la forma FAC4-217T “INFORME DE ANÁLISIS DE EVENTO”, forma que establece la presentación y pasos para la realización de un análisis de confiabilidad.

**NOTA:** Un análisis debe permanecer en estado “en implementación” hasta que se hayan implementado la totalidad de sus recomendaciones.

**Fase 4 – Cerrado y en seguimiento:** Un análisis es clasificado en esta fase, cuando se hayan implementado el total de sus recomendaciones. Se debe tener en cuenta que una vez se han implementadas todas las recomendaciones de un análisis, se deja en este estado durante el tiempo que se haya establecido en el documento del análisis para realizarle seguimiento, es decir, para Verificar que el evento analizado no se haya vuelto a presentar.

Una vez transcurrido el tiempo de seguimiento de un análisis, y se observa que fue eficaz, se puede pasar al siguiente estado.

**NOTA:** Una vez se hayan implementado todas las recomendaciones y se haya cambiado el estado del análisis a “cerrado y en seguimiento”, se debe llenar la casilla de “fecha de cierre del análisis”, colocando la fecha en la cual la última recomendación fue implementada.

**Fase 5 – Cerrado:** Un análisis es clasificado en esta fase, cuando, una vez implementadas todas las recomendaciones, haya terminado el periodo de seguimiento del análisis, el cual se ha establecido en el documento y desarrollo del mismo, y durante este periodo no se haya vuelto a repetir el evento no deseado. En consecuencia, el análisis fue eficaz y se da por cerrado.

Cuando se incluyan dentro del cuadro recomendaciones emitidas a raíz de un acta, junta técnica o alguna orden específica, su primer estado debe ser el de EN IMPLEMENTACIÓN y, una vez implementadas en un 100%, se coloca el estado de CERRADO. Lo anterior, teniendo en cuenta que este tipo de recomendaciones, dada su naturaleza de origen, en su mayoría no poseen un indicador de seguimiento porque lo que normalmente buscan es tomar una acción inmediata para mitigar un evento no deseado mas no eliminarlo.

**Causas identificadas en el análisis (causa raíz):** Corresponde a todas las causas raíces encontradas dentro del análisis que se realizó. En esta casilla se deben colocar todas las causas tal y como quedaron en el análisis final.

Dentro del cuadro en Excel, se debe colocar cada causa en una casilla de Excel independiente y se deben numerar para cada análisis de manera independiente; esto quiere decir que, si hay un análisis con cinco recomendaciones, al escribir las recomendaciones dentro del cuadro de Excel se deben numerar al inicio de la frase de cada recomendación de uno a cinco; cuando se incluya un análisis nuevo, se debe reiniciar la numeración desde el número uno.

**NOTA:** Esta casilla solo debe ser llenada cuando el análisis se encuentre en el estado “en implementación”.

**Recomendaciones emitidas:** Son todas las recomendaciones que se emitieron dentro del análisis que se realizó. Se deben colocar en esta casilla todas las recomendaciones tal y como quedaron en el análisis final.

Dentro del cuadro en Excel, se debe colocar cada recomendación en una celda independiente y se deben numerar para cada análisis de manera independiente; esto quiere decir que, si hay un análisis con cinco recomendaciones, al escribir las recomendaciones dentro del cuadro de Excel se deben numerar al inicio de la frase de cada recomendación de uno a cinco; cuando se incluya un análisis nuevo, se debe reiniciar la numeración desde el número uno.

**Oficio de entrega informe final sedye:** Se anota el número de oficio con el cual se enteró a SEDYE de la finalización del análisis para que lidere la elaboración de los planes de acción de las recomendaciones por parte de los respectivos responsables. El oficio debe ser dirigido del Comando del GRUTE al SEDYE.

Adicionalmente, se pueden colocar los números de los oficios con los cuales la Sección de Confiabilidad haya hecho gestión para informar a los responsables de la implementación de las recomendaciones.

**Parámetro establecido para medición de la eficacia del análisis:** En la casilla se describe el indicador, índice, parámetro matemático o cualitativo que se estableció dentro del análisis para medir la eficacia del mismo.

**Resultado final del análisis (eficaz o no eficaz):** Luego de la medición de la eficacia que se debió llevar a cabo durante un tiempo determinado y con un indicador o parámetro establecido en el análisis, se define si el análisis fue eficaz o no; es decir, si al implementar las recomendaciones se logró eliminar el efecto no deseado.

Entonces en esta casilla se describe si el análisis fue eficaz o no eficaz y el porqué del resultado obtenido.

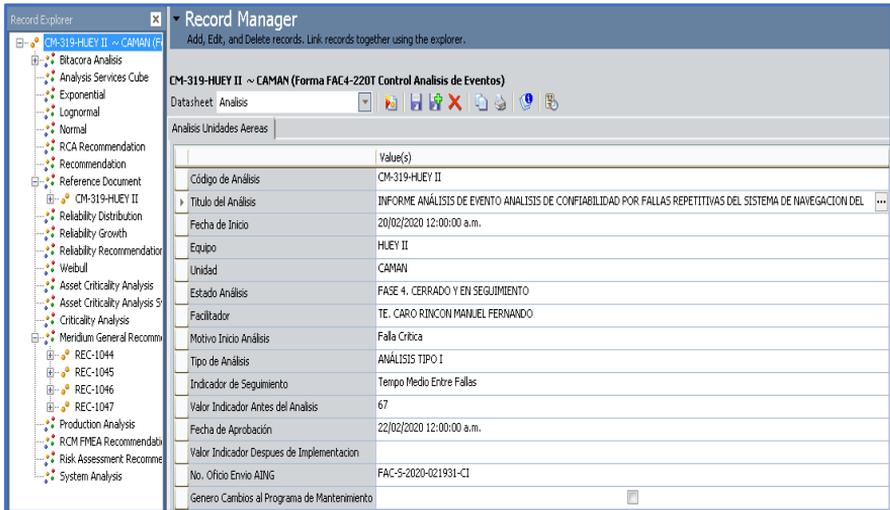


Figura 68. Forma FAC4-220T  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

## ANEXO F. Instructivo para el diligenciamiento de la forma FAC4-221T “Informe análisis nivel II”

El informe de análisis tipo II es una herramienta mediante la cual se pueden realizar análisis rápidos de un comportamiento en particular de flotas, aeronaves o componentes Ej: La clasificación de fallas por sistemas de una aeronave o flota mediante un pareto. Estos análisis son controlados y manejados a nivel de las SECOA y no es necesario solicitar su inicio o codificación a AING-CONFIABILIDAD. Para tal fin, el AING – Confiabilidad Aeronáutica estableció la forma FAC4-221T última revisión, la cual puede ser consultada en la biblioteca virtual de DILOA-SUMAN. Mencionada forma incluye las instrucciones para su diligenciamiento.

	FUERZA AEREA COLOMBIANA
INFORME ANALISIS NIVEL II	
<b>TITULO ANALISIS</b>	
[TITULO DEL ANALISIS]	
<b>CODIGO</b>	[Código registrado en el Control de Análisis de Evento forma FAC4-220T, el cual será suministrado por el SECOA de cada unidad, cada vez que se inicie un análisis de acuerdo al siguiente formato: ]
	
<b>FECHA</b>	[Fecha en que se inicia el análisis]
<b>OBJETIVO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>[Describir la finalidad o propósito para la ejecución del Análisis y los resultados que se esperan en un período determinado].</li> </ul>
<b>DESCRIPCION / ANTECEDENTES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>[Presentar la secuencia de sucesos relevantes que permita dar a conocer el evento al personal involucrado].</li> <li>[Describir el evento, de tal forma que sea claro para todo el personal].</li> </ul>	
<b>TIPO DE ANALISIS / DESCRIBA PROCEDIMIENTO</b>	
PARETO	CRITICIDAD
MODO DE FALLA	CROW AMSAA
RECURRENCIA	WEIBULL
OTRO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>[Seleccione el tipo de análisis que va realizar, en caso que seleccione la opción otro describir el tipo de análisis a realizar].</li> </ul>	
ELABORADO POR:	REVISADO POR:
	APROBADO POR:
<small>FORMA FAC4-221T 0605-2018</small>	

Figura 69. Página inicial forma FAC4-221T  
Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

## **ANEXO G. Procedimiento de soporte técnico del aplicativo APM**

### **A. Objetivo**

Este documento busca dar a conocer al personal de la Jefatura Logística y Secciones de Confiabilidad de las UMA, los pasos y condiciones existentes para solicitar ayuda o exponer un caso de nivel técnico o de administración del aplicativo APM que requiere ser estudiado y solucionado por el personal de administradores del mismo.

### **B. Alcance**

Todo el personal de la Jefatura Logística y Secciones de Confiabilidad de las UMA, que en algún momento hagan uso del aplicativo APM y requieren solución a algún problema o duda de nivel técnico u operativo del APM.

### **C. Desarrollo del soporte**

Para brindar soporte a las Secciones de Confiabilidad de la FAC y al personal de la JELOG, que haga uso del aplicativo APM para Confiabilidad, se debe establecer comunicación con el personal del AING - Confiabilidad Aeronáutica del CAF-JELOG-DILOA, quienes recibirán las características iniciales del requerimiento, brindarán la asesoría inicial y solicitarán los servicios de soporte que sean necesarios para dar solución a la novedad en el funcionamiento del APM.

### **D. Administración y aspectos operacionales**

El soporte tiene 3 etapas

El usuario, deberá agotar todas las posibilidades de solución del problema ya sea con sus conocimientos o con la ayuda del personal de la sección de sistemas de la unidad, en caso de que el

inconveniente que presente el aplicativo corresponda a problemas de conexión, red, seguridad etc.

Si es imposible lograr una solución mediante los recursos de la unidad, se deberá hacer contacto telefónico con el personal de JELOG-SUMAN-AING - Confiabilidad o enviar un correo electrónico a sus e-mails institucionales, refiriendo en forma explícita, y si es posible, con imágenes del problema que presenta el aplicativo. Lo anterior con el fin que el equipo de soporte entienda perfectamente el problema y lo pueda solucionar.

Si este fallo no puede ser corregido por el personal de soporte y administración del aplicativo en la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento Aeronáutico – Área de Ingeniería - Confiabilidad, el problema será elevado a soporte APM, como un caso para el cual se generará su respectivo código y fecha de inicio.



### **¡ATENCIÓN!**

**Por ningún motivo, un usuario podrá elevar directamente un caso o problema al servicio de soporte APM. El conducto regular para cualquier inconveniente con el aplicativo es claro y debe ser seguido tal y como se estipula en este instructivo.**

Cualquier inquietud sobre manejo, desarrollo, creación de queries, consultas del aplicativo, también deberá ser resuelto o explicado por el personal de soporte de AING - Confiabilidad.

Procedimiento de soporte técnico del aplicativo APM

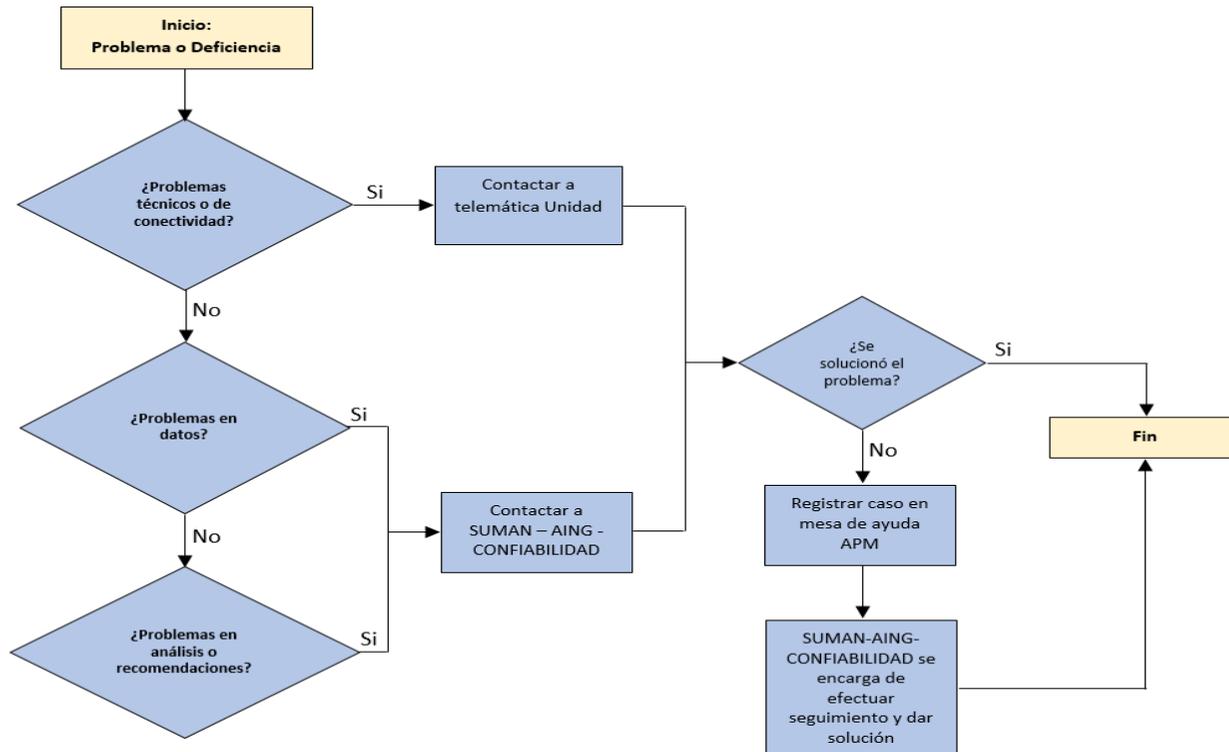


Figura 70. Diagrama de flujo soporte APM  
 Fuente: Elaboración propia CAF-JELOG-DILOA-SUMAN-AING

## Glosario

**Acción correctiva:** Proceso, procedimiento, cambio de diseño o material, documentado y validado para corregir la causa de una falla o deficiencia de desempeño de una aeronave o activo.

**Análisis de confiabilidad:** Es la aplicación de una de las técnicas y/o metodologías de análisis a la información (datos), generada por la operación y el mantenimiento de las aeronaves y equipo asociado de la FAC, para generar resultados o recomendaciones medibles, de tal forma que se incrementen los niveles de Confiabilidad, seguridad operacional y mantenibilidad de los equipos.

**Carry over:** Corresponde a los reportes diferidos registrados en la Forma FAC-4-283T-1 denominados diferidos.

**Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un elemento funcione sin fallas durante un tiempo específico y bajo unas condiciones de operación normales.

**Criticidad:** Medida relativa de la probabilidad de ocurrencia de una falla y su consecuencia.

**Comportamiento de falla:** Es la manera de cómo se está presentando una falla en particular, hace referencia a si la falla sigue una distribución de probabilidad o si es aleatoria.

**Disponibilidad:** Es la medida de tiempo durante la cual un ítem permanece en un estado operable, el cual le permite cumplir con su función o misión.

**Down time:** Tiempo total calendario indisponible o fuera de servicio que permanece un activo en un periodo determinado.

**Efecto de falla:** La consecuencia o consecuencias que una falla pueda tener en la operación, función o estado de un ítem.

**Falla aleatoria:** Falla que no tiene un comportamiento de ocurrencia o frecuencia similar a una distribución.

**Falla:** Es el evento en el que un Ítem o parte de un ítem, se encuentra en un estado de inoperancia parcial o total, el cual no permite que se desempeñe o funcione de la manera especificada por su diseño.

**Familia:** Son todas y cada una de las tablas que conforman la base de datos de Meridium. Es-tas contienen los campos y registros de la información traída de SAP y la información registrada en el aplicativo por parte de los usuarios.

**Flota:** Conjunto de aeronaves del mismo tipo, es lo que se conoce en la FAC como equipo. Se cambia este concepto, pensando en que en el sistema SAP equipo tiene otro significado y, a futuro, podría generar confusiones.

**GAP:** Brecha o diferencia entre la medida ideal de un indicador de Clase Mundial y el resultado obtenido por una organización en un periodo de tiempo determinado.

**Mantenibilidad:** Es la medida de la habilidad que tiene un ítem para retornar a un estado o condición de funcionamiento normal. Es la capacidad del ítem para ser restaurado, medida en tiempo calendario.

**Mecanismo de falla:** Fenómeno físico, químico, eléctrico, térmico u otro tipo de proceso que pueda resultar en una falla.

**Mean Time Between Failure (MTBF):** Es una medida básica de Confiabilidad para ítems reparables; corresponde al promedio de tiempo en el que falla uno o varios elementos reparables. Es el promedio de varios TBF

**Mean Time To Failure (MTTF):** Es una medida básica de Confiabilidad para elementos no reparables; corresponde al promedio de tiempo en el que falla uno o varios elementos no reparables. Es el promedio de varios TTF.

**Mean Time Between Unschedule Removals (MTBUR):** Es una medida de un parámetro de Confiabilidad de sistemas, relacionada

con la dementada de soporte logístico; corresponde al tiempo promedio entre remociones no programadas de componentes mantenibles.

**Mean Time To Repair (MTTR):** Es una media básica de mantenibilidad; corresponde a la suma de tiempos de mantenimientos imprevistos dividido el número de fallas de un ítem particular.

**Meridium:** Compañía Estadounidense, que diseñó y comercializó inicialmente la plataforma de confiabilidad APM, en el año 2017 pasó a ser parte de General Electric Digital.

**Modo de falla:** Para este documento, el modo de falla es la causa de una falla.

**Procedimiento:** Elemento de Control, conformado por el conjunto de actividades, relaciones y tareas ordenadas requeridas para cumplir con los objetivos de un proceso. Establece los métodos para realizar las tareas, la asignación de responsabilidad y autoridad en la ejecución de las actividades.

**Rata de falla:** Número total de fallas de una población de uno o más ítems dividido el número total de ítems de la población.

---

## Referencias

- Fuerza Aérea Colombiana MABDA. (2013). *Manual de doctrina básica aérea y espacial*. Bogotá D.C.: Fuerza Aérea Colombiana.
- Fuerza Aérea Colombiana MAGDO. (2018). *Manual de Gestión de la Doctrina y las Lecciones Aprendidas 3ed*. Bogotá: Fuerzas Militares de Colombia - Fuerza Aérea Colombiana.
- Fuerza Aérea Colombiana MAMAE. (2016). *Manual de mantenimiento aeronáutico MAMAE 2ed*. Bogotá: Fuerzas Militares de Colombia - Fuerza Aérea Colombiana.
- Fuerza Aérea Colombiana PEI 2011-2030. (2010). *Plan Estratégico Institucional*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.
- Knowledge Based Systems, Inc. (KBSI). (1 de Octubre de 2019). *Integrated DEFinition Methods (IDEF)*. Obtenido de <http://www.idef.com/>
- M.D.N. (2015). *Política de defensa y seguridad para la nueva colombia 2015-2018*. Bogotá: Ministerio de Defensa Nacional Colombia.
- Software APM General Electric. (1 de Octubre de 2019). Software APM Meridium. Bogotá, Colombia.
- SUMAN FAC. (2005). *Plan de calidad aeronautico*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.



Manual - FAC-4.2.2-R- Público

# Manual de Confiabilidad Aeronáutica

- MACOA -

Segunda Edición 2020

