



# **Guía de Recomendaciones para la Elaboración de Planes de Fiabilidad y Mantenibilidad**

**Ref.: D1-GREPF/M-G2**



Este documento ha sido elaborado por el Grupo 2 (G-2, inicialmente G-14) de Fiabilidad y Mantenibilidad en Defensa. Este grupo está formado por voluntarios pertenecientes a diversas empresas participantes en el Comité de Industrias para la Defensa de la Asociación Española de la Calidad (Q-AEC).

Se agradece cualquier comentario o contribución que pueda mejorar la presente versión. Para ello, por favor dirigir las propuestas a:

D. José Gómez-Randulfe (Coordinador del G-2 de F/M)  
Tecnobit, S.L.U.  
C/ Santa Leonor 65  
Parque Empresarial Avalon  
28037 Madrid  
Teléfono: 916 617 161  
jose.gomez@tecnobit.es

O a cualquiera de los colaboradores en la elaboración del presente trabajo:

Comandante D. Ginés Ballester (MDE)  
D. Andrés García Arasanz (TECNOBIT)  
D. Juan Ballester Melero (TECNOBIT)  
D. José Ignacio Bajo Vicente (EADS-CASA)  
D. Jesús Sáez Barragán (GDSBS)  
D. Iván Jesús García (GDSBS)

Principales organismos colaboradores del G-2 de F/M del Comité de Industrias para la Defensa de la Q-AEC:

Área de Inspecciones Industriales de la DEGAM  
EADS-CASA  
GDSBS  
TECNOBIT  
(NAVANTIA, AMPER...)



Guía para la elaboración de planes de Fiabilidad y Mantenibilidad por Asociación Española para la Calidad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.

“Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada”

Se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas.

## LISTA DE PÁGINAS EFECTIVAS

El número total de páginas de esta publicación es de 60,  
consisten en lo siguiente: 11 páginas de control del  
documento y 51 páginas de capítulos y anexos.

Este documento ha sido:

	Firma	Fecha
Preparado por:	Grupo G-2 F/M [Nombre]	16/Oct./2009
Revisado por:	Coordinador G-2 [Nombre]	16/Oct./2009
Aprobado por:	Comité Defensa [Nombre]	16/Oct./2009

## HOJA DE REVISIONES

<b>Edición</b>	<b>Fecha</b>	<b>Propuesta de alteración</b>	<b>Páginas revisadas</b>
Borrador	28-10-2008	-	Documento Original G-2
01	16-10-2009	-	Incluye los Comentarios de las empresas del Comité de Defensa

## GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

ARMP	<i>Allied Reliability and Maintainability Publication –NATO–</i> . (Publicación OTAN de F/M)
CDR	<i>Critical Design Review</i> (Revisión Crítica del Diseño)
CDRL	<i>Contractor Data Requirements List</i> (Lista de Entregables de un Contrato)
DEGAM	Dirección General de Armamento y Material
COTS	<i>Commercial, off-the-shelf</i> (Elementos comerciales disponibles en el mercado)
DoD	<i>Department of Defense</i> (Departamento de Defensa)
EADS-CASA	<i>European Aeronautic Defence and Space</i> - Construcciones Aeronáuticas, Sociedad Anónima
ESS	<i>Environmental Stress Screening</i> (pruebas o cribados ambientales enfocados a descubrir debilidades de diseño o fabricación que comprometen la fiabilidad)
F/M	Fiabilidad y Mantenibilidad ( <i>R&amp;M –Reliability and Maintainability–</i> ). Son características inherentes a un diseño, condicionadas por decisiones durante el Diseño.
FMECA (AMFEC)	<i>Failure Mode Effects &amp; Criticality Analysis</i> . Mediante este análisis se pueden detectar posibles modos de fallo y el efecto que estos fallos pueden provocar tanto en el propio equipo, como externamente, dependiendo del grado e profundidad del análisis.
FPMH	Failures Per Million Hours (Fallos Por Millón de Horas)
FR	<i>Failure Rate</i> (Tasa de Fallos). Este término define la tasa de fallo del equipo, es decir, la probabilidad de que se produzca un determinado fallo HW. Suele venir expresado en FPMH.
FRACAS	<i>Failure Reporting Analysis and Corrective Action System</i>
FSED	<i>Full-Scale Engineering Development</i> (Fase de Desarrollo)
G-2	Grupo 2
G-11	Grupo 11
GDSBS	<i>General Dynamic Santa Bárbara Sistemas</i>
HW	<i>Hardware</i>
IDR	<i>Initial Design Review</i> (Revisión Inicial del Diseño)
LRU	Line-Replaceable Unit
MDE	Ministerio de Defensa Español
MIL-HDBK	<i>Military Handbooks</i>
MIL-STD	<i>Military Standard</i> . Normas del Departamento de Defensa de EEUU.
MINDEF	Ministerio de Defensa Español
MTBA	<i>Mean Time Between Actions</i> (Tiempo Medio entre Acciones de mantenimiento)

MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i> . Este valor refleja el Tiempo Medio entre Fallos a partir de la probabilidad de que éstos se produzcan. Es decir, se calcula como la inversa del valor FR.
MTRTR	<i>Mean Turn Round Time Reparation</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i> . Tiempo promedio entre reparaciones, dependiendo de los cálculos e hipótesis realizadas.
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte ( <i>NATO –North Atlantic Treaty Organization–</i> )
Q-AEC	Comité de Industrias para la Defensa de la Asociación Española de la Calidad
PALI	Plan de Apoyo Logístico Integrado
PAPS	Fases de un ciclo de vida en terminología NATO.
PDR	<i>Preliminary Design Review</i> (Revisión Preliminar del Diseño)
PECAL	Publicación Española de Calidad
PEFM	Publicación Española sobre Fiabilidad y Mantenibilidad
PGIS	Plan de Gestión de la Ingeniería de Sistemas
PGP	Plan de Gestión del Programa
PP F/M	Plan de Programación de Fiabilidad y Mantenibilidad
PPT	Pliero de Prescripciones Técnicas, en inglés la SPEC (no la DS)
RAMS	<i>Reliability and Maintainability Symposium</i>
RCIL	<i>Reliability Critical Item List</i> (Lista de Elementos Críticos por fiabilidad)
RTRT	Diversas métricas de Tiempos de Reparación. También TAT y TRT.
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
SoW	<i>Statement of Work</i> (acuerdo de Reparto de Trabajos)
SW	<i>Software</i>
TAAF	Pruebas encaminadas a medir y mejorar la fiabilidad. También RGT.
Taylorizar	(coloquial) Adaptar a nuestras necesidades, cortar a medida.
Task	Tarea, Tareas de F/M (ver Normas referenciadas). Son los Trabajos, Estudios, Pruebas y demás actividades necesarias, relativas a trabajos de Ingeniería de F/M, el Anexo C incluye una lista de las Tareas F/M más comunes.
US DoD	<i>US Department of Defense</i>
WBS	<i>Work Breakdown System</i> (Sistema de Desglose de Trabajos de un contrato) Procedimiento para la elaboración de paquetes de trabajo.
WS	<i>Weapon System</i> (Sistema de Armas). Fighter, Battle tank, VCI, Radar Alerta...



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Objeto y Alcance .....	1
1.2	Definición de Fiabilidad y Mantenibilidad.....	2
2	DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.....	4
3	PLAN DE FIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD.....	5
3.1	Objetivo del Plan .....	5
4	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PLAN F/M .....	6
4.1	Estructura de Gestión y Organizativa .....	7
4.2	Definición de Requisitos.....	7
4.3	Tareas de Fiabilidad y Mantenibilidad .....	7
4.4	Implementación de Tareas de F/M.....	8
4.5	Planificación de la Ejecución de las Tareas.....	8
4.6	Procedimientos de Realización de las Tareas.....	9
4.7	Identificación de Problemas de F/M .....	9
5	APLICABILIDAD DEL PLAN DE F/M.....	10
5.1	Alcance .....	10
5.2	Aplicación según Fases del Programa .....	10
5.3	Aplicación por Tipo de Equipo.....	11
5.4	Responsable de la Realización .....	11
6	NECESIDAD DE DATOS Y REQUISITOS PREVIOS .....	12
6.1	Datos que debe Suministrar el Cliente .....	12
6.2	Datos que debe Suministrar el Contratista .....	12
7	CONCLUSIÓN .....	13
7.1	Consideraciones Importantes.....	13
A.	REGLAS DE SELECCIÓN DE LAS TAREAS APLICABLES A UN PP F/M.....	14
B.	PÁRRAFO 303 DE LA PEFM-2.....	19
C.	TAREAS MÁS COMUNES .....	21

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Reglas de Selección de las Tareas.....	15
Tabla 2: Reglas de Selección de las Tareas.....	18

# 1 INTRODUCCIÓN

El G-2 de Fiabilidad y Mantenibilidad en Defensa ha realizado este trabajo por recomendación, a petición y en colaboración con el Área de Inspecciones Industriales de la Dirección General de Armamento y Material (DEGAM) del Ministerio de Defensa de España, (ver apartado 5 APLICABILIDAD DEL PLAN DE F/M).

## 1.1 Objeto y Alcance

Esta *Guía de Recomendaciones para la Elaboración de Planes de Fiabilidad y Mantenibilidad* es un documento de guiado para ayudar a las empresas que necesiten escribir un Plan de Fiabilidad y Mantenibilidad, por exigencia de algún contrato concreto al trabajar para el Ministerio de Defensa Español.

La realización de un Plan de Fiabilidad y Mantenibilidad es aplicable tanto a programas de Adquisición, Desarrollo, Mejora..., de Sistemas y Equipos y tanto al HW como al SW.

El concepto de Fiabilidad y Mantenibilidad en la Normativa F/M OTAN incluye otros como los de Testabilidad (Facilidad de Prueba), Disponibilidad, Seguridad y tangencialmente afecta a otros considerados dentro del campo de la Soportabilidad en la Normativa del US DoD *Reliability and Maintainability Symposium* (RAMS).

Este documento no es ni una norma ni un requisito de obligado cumplimiento, sino un conjunto de recomendaciones útiles para facilitar la realización de un Plan de Programa de Fiabilidad y Mantenibilidad, Plan de F/M o PP F/M.

El Presente Documento está basado, y es en cierta medida una traducción, y adaptación de un trabajo previo similar realizado y publicado en el pasado por el Grupo 11 (G-11) de la *Society of Automotive Engineers* (SAE) al que se le han añadido clarificaciones y comentarios y partes de otras informaciones provenientes de algunas MIL-STD y ARMP que el G-2 consideró imprescindibles.

Además en el Anexo A se incluye una traducción de lo que la ARMP-2 y la PEFM.-2 en su Párrafo 303 define, de forma muy sintética, y requiere para un Plan de F/M

## 1.2 Definición de Fiabilidad y Mantenibilidad

El presente documento no pretende ser una guía de definiciones de F/M, existiendo normas OTAN ARMP, US DOD MIL-STD-721, Publicaciones Españolas de F/M PEFMs (incluyen la definición contractual aplicable a contratos con el Ministerio de Defensa, para conceptos de Fiabilidad y Mantenibilidad pero faltan definiciones de Seguridad y Testabilidad) y mucha literatura especializada en F/M con muchas y diferentes Definiciones unas oficiales y otras más académicas. A pesar de ello el G-2 de la Q-AEC, a propuesta de las empresas colaboradoras ha considerado adecuado incluir las siguientes definiciones:

– Fiabilidad

La fiabilidad de un equipo es la probabilidad de llevar a cabo la función encomendada durante un periodo de tiempo establecido trabajando en unas condiciones de uso y en un entorno (medio ambiente). Todo ello debe ser proporcionado y acordado con el cliente.

– Mantenibilidad

Es la facilidad con que un equipo es mantenido. Para ello se precisa programar tareas (preventivo) para que el equipo se mantenga o realizarlas (correctivo) para que pueda ser devuelto a sus condiciones operativas. Puede expresarse como:

- Probabilidad de que un componente se mantenga en o devuelva a una situación específica en un tiempo dado, cuando el mantenimiento se realiza de acuerdo con procedimientos y recursos establecidos.
- Probabilidad de que no se necesite mantenimiento más de “x” veces en un periodo, cuando el sistema se emplea conforme a procedimientos prescritos.
- Probabilidad de que el coste de mantenimiento del sistema no excederá “x” euros durante el periodo de tiempo prescrito, cuando se usa y mantiene de acuerdo a procedimientos definidos.

– Concepto del mantenimiento

Es una serie de afirmaciones y/o ilustraciones que definen los criterios que cubren los niveles de mantenimiento, funciones principales a realizar en cada uno de ellos, política básica de apoyo, factores de eficacia y requisitos primarios de apoyo logístico.

A modo de ejemplos:

- Las organizaciones de mantenimiento de los ejércitos por lo general actúan según el siguiente esquema:
  - Nivel 1. Mantenimiento por el usuario
  - Nivel 2. Reparación en la unidad
  - Nivel 3. Reparaciones en el campo
  - Nivel 4. Reparaciones en base

- El las FFAA:
  - Nivel 1. Tareas realizadas en la línea de Vuelo, ON-Aircraft, Sustituir LRU
  - Nivel 2. Reparaciones de Equipos/LRU en los Talleres de una Base (MOB Shop)
  - Nivel 3. Reparaciones en Talleres de una Maestranza (UOD *User Depot*)
  - Nivel 4. Reparaciones en Talleres de la Industria (COD *Contractor Depot*)

## 2 DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Los documentos indicados a continuación son una buena guía de acceso público. En muchos contratos de Defensa se referencian como una guía contractual para la preparación del PP F/M y del Programa de trabajos, Tareas Seleccionadas resultante. Constituyen una ayuda inestimable cuando el contratista carece de otros procedimientos internos más adaptados y elaborados, o cuando varias empresas se ven en la necesidad de trabajar juntas y con necesidad de aplicar procedimientos comunes, en un programa cooperativo complejo como puede ser el desarrollo de cualquier Sistema de Armas, *Weapon System* (WS) moderno.

- ARMP 1 a 7, Allied Reliability and Maintainability Publication. Normas de la OTAN de F/M.
- PEFM 1 a 5, Publicación Española sobre Fiabilidad y Mantenibilidad. Traducción del Ministerio de Defensa de España de las ARMP. Publicación española de F/M.
- MIL-HDBK-338, Electronic Reliability Design Handbook. Manual de Diseño para Fiabilidad de Equipos Electrónicos.
- MIL-STD-721, Definitions of Terms for Reliability and Maintainability. Definiciones y Términos aplicables para Fiabilidad y Mantenibilidad.
- MIL-STD-781, Reliability Testing for Engineering Development, Qualification, and Production. Pruebas de Desarrollo, Homologación y Producción de Fiabilidad.
- MIL-STD-785, Reliability Program for Systems and Equipment Development and Production. Programas de Fiabilidad para Desarrollo y Producción de Equipos y Sistemas.
- MIL-STD-1543, Reliability Program Requirements for Space and Launch Vehicles. Programas de Fiabilidad para Vehículos Espaciales y Lanzadores.
- MIL-STD-470, Maintainability Program for Systems and Equipment. Programas de Mantenibilidad para Desarrollo y Producción de Equipos.
- MIL-STD-471, Maintainability Verification/Demonstration/Evaluation. Pruebas de Desarrollo, Homologación y Producción de Mantenibilidad.
- MIL-HDBK-217, Reliability Prediction of Electronic Equipment. Predicción de Fiabilidad.
- MIL-HDBK-472, Maintainability Prediction. Predicción de Mantenibilidad.
- MIL-STD-1629, Procedures for Performing a Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis. Procedimientos para la realización de un FMECA (AMFEC).
- MIL-STD-2165, Testability Program for Electronic Systems and Equipments. Programas de Testabilidad para Desarrollo y Producción de Equipos y Sistemas.
- SAE JA 1000, Reliability Program Standard, y su guía de aplicación JA 1000 -1
- SAE JA 1010, Maintainability Program Standard, y su guía de aplicación JA 1010 -1
- DoD: Department of Defense: DI-R-2114 Reportos, DI-R-7079 PP F/M, DI-R-7041 FRACAS, DI-R-7080 Status Informe, DI-R-7081 Modelos Matemáticos, DI-R-7082 Informe de Predicción, DI-R-7085 Informe de FMECA (AMFEC).

## **3 PLAN DE FIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD**

El Plan de Fiabilidad y Mantenibilidad es un documento formal detallado que define los trabajos (Tareas) que se deben realizar, las fechas en que se realizarán, los documentos que se entregarán. En este documento se explica también cómo la realización de dicho programa de trabajos permitirá establecer una cierta seguridad de que se cumplirán los requisitos de F/M de la Especificación.

El PP F/M debe incluir los Procedimientos de trabajo aplicables para realizar las tareas así como las organizaciones que las deberán realizar con sus niveles de autoridad, interfaces y relaciones necesarias.

### **3.1 Objetivo del Plan**

El PP F/M explica al Cliente las tareas que realizará el Contratista para conseguir cumplir con los requisitos de F/M.

La Planificación de las tareas de F/M integradas, será una herramienta de gestión que permitirá, tanto al Cliente como al Contratista, medir el avance de los trabajos y de esta forma asegurará su realización.

Los Procedimientos para realizar las tareas F/M, definen cómo se va a realizar cada una de ellas y permiten, por lo tanto, comprobar el grado de cumplimiento de las mismas. Esto le dará al Cliente una herramienta muy útil para evaluar el resultado y el nivel de avance de cada una de las tareas definidas, y así realizar comentarios y proponer modificaciones a los procedimientos.

Por otro lado hay que entender que el plan (objeto de este documento) es sólo una herramienta para implementar y gestionar un programa de trabajos (de F/M) que a su vez tendrán por objetivo adquirir (punto de vista del cliente) o suministrar, desarrollar y producir (punto de vista del contratista) un sistema o equipo que sea Fiable y Mantenible, es decir que cumpla con los requisitos de F/M expresados en el PPT, con los cuantitativos, los cualitativos y los de Documentación (CDRL), Análisis, Estudios, Pruebas, Demostración, Cualificación y Verificación exigidas en dicho PPT o en otros Documentos Contractuales a la Fiabilidad y Mantenibilidad.

## 4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PLAN F/M

En el Plan de F/M, las tareas aplicables a cada elemento y la profundidad adecuada de cada una de ellas, deberá adaptarse a la fase del ciclo de vida en la que se encuentre el equipo objeto del contrato (Adquisición), a este proceso se le denomina cortar el plan a Medida, adaptarlo a los objetivos y Recursos disponibles, (en inglés Tailorizar).

El Ciclo de Vida de un Equipo se puede dividir de acuerdo a nuestras preferencias en diversas fases, por ejemplo: Viabilidad, Diseño Preliminar, Desarrollo, Homologación, Preparación de la Producción, Producción, Despliegue, Empleo en Servicio y Soporte.

En cada una de estas fases, y dada la libertad de influir en el diseño, las tareas de F/M aplicables y efectivas serán diferentes, por ejemplo no tiene mucho sentido gastar el tiempo y el dinero en hacer un análisis térmico cuando ya disponemos de prototipos y por lo tanto se pueden hacer unas pruebas térmicas, mas realistas, rápidas y baratas.

En la normativa del US DoD, se emplean las fases PAPS (ver con más detalle en MIL-STD-785), y en dicha normativa hay una guía que relaciona las Fases y las Tareas recomendadas:

- Fase Conceptual: es el periodo de identificación e investigación de los diversos conceptos de diseño alternativos que pueden cumplir los requisitos definidos.
- Fase de Demostración y Validación: es el periodo en el cual seleccionamos algunos de los diversos conceptos alternativos y para ellos, el diseño se va refinando y vamos completando su definición a través de análisis, desarrollo completo HW, si es adecuado, por pruebas y evaluaciones.
- Fase de Desarrollo (FSED – *Full Scale Engineering Development*): es el periodo en el cual el sistema completo definitivamente seleccionado y los elementos principales para su soporte son diseñados, fabricados, probados y evaluados.
- Fase de Producción: es el periodo que comprende desde la Aprobación para Producción hasta la Aceptación de la entrega del último equipo fabricado
- Fase de Despliegue, Operación y Soporte al Producto
- Fase de Retirada

Además el PP F/M debe definir el soporte que se dará en F/M durante cada una de las fases hasta la de Servicio Operativo del sistema.

En cada Fase que sea aplicable, el PP F/M deberá incluir las secciones que se comentan a continuación (Apartados 4.1 a 4.7). En cada caso se adaptarán a la disponibilidad de datos de diseño y a los acuerdos de realización de trabajos (SoW – *Statement of Work*) del contrato.

## 4.1 Estructura de Gestión y Organizativa

Debe describirse en detalle la Organización responsable de preparar el PP F/M y de implementar y gestionar sus tareas.

Deben detallarse las personas y organizaciones envueltas en la realización de las diversas tareas, se recomienda incluir un cuadro u organigrama que describa la organización, sus funciones, las personas responsables nominadas, las firmas autorizadas, los niveles de autoridad y las interrelaciones jerárquicas y funcionales.

## 4.2 Definición de Requisitos

En el plan se deben identificar claramente los requisitos cuantitativos y cualitativos de F/M que se exigen al contrato. Estos requisitos serán los de la Especificación, pero se pueden expandir para incluir aclaraciones para el personal del Cliente y del Contratista: MTBF, FR, MTTR...

**NOTA:** Esta clarificación puede consistir, por ejemplo, en transformar el valor de Fiabilidad a una fiabilidad de misión equivalente que resulte más fácil de entender para los diseñadores y para establecer pruebas de demostración.

## 4.3 Tareas de Fiabilidad y Mantenibilidad

El responsable de F/M, experto de F/M nominado por el contratista deberá decidir, identificar, proponer, justificar y describir en detalle las tareas que a su juicio se deben realizar para poder garantizar que se cumplirán con los requisitos y políticas de F/M exigidos por el contrato y se podrá comprobar su cumplimiento, es decir proceder a su validación.

Esta propuesta puede ser revisada y acordada con los expertos de F/M del Cliente (Oficina de Programa, el que hace el PPT e introduce los requisitos de F/M) y tras un acuerdo entre ambas partes se concretan las Tareas a realizar

Esto permitirá a Contratista y al Cliente evaluar la carga de trabajo que será necesario efectuar el Contratista en sus trabajos de F/M. Al mismo tiempo los, gestores del Contratista también pueden evaluar sus cargas de trabajo generales y su distribución en el tiempo, lo cual es muy importante desde el punto de vista contractual.

Es necesario describir en detalle la relación entre las tareas propias de F/M y las de otros programas, como por ejemplo los de Ingeniería de Sistemas, de Desarrollo HW, del Plan de Seguridad de Operación (*Safety*), las diversas Revisiones de Diseño, etc.

A continuación se listan algunas de las tareas más comunes de F/M:

- Criterios de Diseño para Fiabilidad
- Criterios de Diseño para Mantenibilidad
- Análisis de de limitación de esfuerzos aplicados (*Stress Derating*)
- Criterios de Calidad en la selección de Componentes
- Análisis Térmicos

- Predicción de F/M
- Modelización de F/M
- RCIL, identificación y seguimiento de elementos críticos para F/M
- FMECA (AMFEC), Análisis de Modos de Fallo, efectos y su Criticidad
- FRACAS, Notificación y gestión de los Fallos
- ESS, Cribados para identificar deficiencias de fabricación y diseño.
- TAAF, RGT, pruebas para mejora de la Fiabilidad.

En los Anexos incluidos al final de este documento, se puede encontrar un listado con las tareas típicas fundamentales de la Ingeniería de F/M, así como una ayuda para la selección de las tareas aplicables. Estas tareas se deben incluir en el Plan y posteriormente implementar durante la ejecución del Programa de trabajos de Desarrollo, adecuándolas a cada contrato y proyecto concreto.

## 4.4 Implementación de Tareas de F/M

Para la realización de cada una de las tareas se requiere una fase de recogida de datos, revisión, contraste y aclaración de la validez de los datos recogidos; homogeneización y documentación de acuerdo a un formato común para todos los datos.

Estos datos provienen principalmente del departamento de Diseño de Sistemas (de HW y/o SW). Por lo general, necesitan ser completados con otras fuentes de datos, como los proporcionados por los fabricantes de cada uno de los componentes (*Data Sheet*), a través de Internet o de publicaciones técnicas, etc.

**NOTA:** Por ejemplo, para la Tarea de *Análisis Térmico* son necesarios los valores de las resistencias térmicas de *case* empaquetado y de *junction* o de la unión, o dado interno.

## 4.5 Planificación de la Ejecución de las Tareas

Es necesario establecer un plan de trabajos de F/M con sus fechas de ejecución y reflejarlo en un diagrama de planificación en el PP F/M. Esta planificación es una herramienta que permite, tanto al Cliente como al Contratista, evaluar el estado de avance del programa. El inicio y el final de cada una de las tareas se puede discutir e identificar en las revisiones de Diseño o cuando corresponda.

**NOTA:** Se recomienda incluir las ligaduras y relaciones entre las tareas principales y los hitos principales del programa, por ejemplo el final del FMECA (AMFEC) con el CDR y el Catálogo de Fallos con la disponibilidad para las pruebas.

## 4.6 Procedimientos de Realización de las Tareas

Se deben definir detalladamente los procedimientos de realización de cada una de las tareas seleccionadas.

Esto permitirá medir y evaluar el esfuerzo y la carga de trabajo de cada una de las tareas, y así conocer la contribución de los costes no recurrentes de ingeniería de F/M a los gestores del Contratista. También se le da una oportunidad al Cliente de revisar dichos procedimientos y proponer modificaciones antes de la realización del esfuerzo.

Si el Contratista o el Cliente tienen procedimientos que desean que se apliquen, éstos deben incluirse en el PP F/M, ya sea completos o al menos como referencia al documento donde están reflejados los mismos o la normativa equivalente (MIL, ARMP).

**NOTA:** Por ejemplo, se puede decir que se debe implementar un FMECA (AMFEC) de acuerdo a la norma MIL-STD-1629, pudiendo dar más detalle (aclarando si deberá ser un análisis mixto funcional-hardware, con evaluación de fallos de entradas y salidas, etc.).

## 4.7 Identificación de Problemas de F/M

Se deben identificar los problemas de Fiabilidad y Mantenibilidad conocidos, listándolos de acuerdo a su prioridad e importancia e incluyendo su impacto y las potenciales soluciones posibles, si existiesen.

Se deben identificar los problemas de diseño, de HW y/o de los propios procedimientos de trabajo. Además se debe incluir en el PP F/M la mitigación o contingencia de los problemas identificados.

## 5 APLICABILIDAD DEL PLAN DE F/M

Actualmente, PECAL 2110 no exige tener un Plan de F/M, sólo que los requisitos tienen que ser tratados.

Según el punto 7.8 de la PECAL 2110:

*7.8.\_ Fiabilidad y Mantenibilidad (F&M)*

*Ningún requisito ISO disponible.*

**Requisito específico OTAN.**

*7.8.1. Si se establece en el contrato, la exigencia de un sistema de F&M del suministrador apropiado, para el diseño del producto, debe asegurarse de que los temas de F&M y la documentación relacionada, incluyendo aquellos de los sub-suministradores asociados, están controlados.*

*Nota: La política OTAN de fiabilidad y mantenibilidad está descrita en el STANAG 4174 mientras que en las Publicaciones Aliadas de Fiabilidad y Mantenibilidad (ARMP) se describen requisitos contractuales en detalle para la fiabilidad y mantenibilidad.”*

Se está generalizando que el contrato exija el Plan de F/M, principalmente en Programas de Desarrollo de Sistemas para Defensa. En otras industrias, la Fiabilidad y Mantenibilidad no se implementa habitualmente de una manera tan formal como se indica en este documento.

### 5.1 Alcance

El PP F/M lo prepara el Contratista para asegurarse de que los sistemas/equipos que debe desarrollar/entregar cumplirán con los requisitos de F/M que se le han impuesto en la Especificación contractual.

Para ello, es fundamental entender que hay que hacer extensivos estos requisitos de F/M, así como las tareas y los procedimientos, a los potenciales sub-contratistas y suministradores que resulten seleccionados y con los que se trabaje.

### 5.2 Aplicación según Fases del Programa

El PP F/M debe aplicarse durante todas las fases, tal y como se señala en el capítulo 4. El plan debe contemplar las diferentes fases, ya que en cada una de ellas la disponibilidad de datos de diseño puede ser diferente, y por lo tanto variará el tipo y la profundidad y el nivel de detalle de los análisis.

Las fases del Ciclo de vida en general y las de un Desarrollo en particular se suelen separar por revisiones contractuales, auditoras u otros hitos que marcan la madurez y el pase de unas fases a otras, por ellos e puede decir indistintamente que las tareas estarán condicionadas a las fases o a los hitos

## 5.3 Aplicación por Tipo de Equipo

El PP F/M debe aplicarse y adaptarse a todo tipo de equipos y para todos los niveles. Las tareas pueden ser diferentes según el tipo de equipo, así por ejemplo la predicción de Fiabilidad se puede hacer de acuerdo a una MIL-HDBK- 217 para equipos electrónicos y según NPRD para otros tipos de equipos.

**NOTA:** Por ejemplo, en el desarrollo de un avión completo, hay que considerar cada uno de sus sistemas y subsistemas (Propulsión-Motor, Navegación-Ataque, etc.) y cada uno de los equipos que los conforman (ej. Turbina, Equipo de Comunicaciones UHF, Radar). Cada uno de ellos con N tareas aplicables seleccionadas en su *Plan de F/M del Equipo = Radar*. Esto puede hacer un total de 6000 a 20 000 tareas de F/M aplicables en cada Fase. De esta forma el estado de avance del programa de F/M del Avión puede evaluarse en cada momento.

El tipo de equipo bajo contrato es un aspecto fundamental a tener en cuenta en la selección de las tareas de F/M aplicables. Hay que evaluar su tipo, si es electrónico, electromecánico, mecánico, neumático, óptico, hidráulico, etc., o bien una combinación más o menos compleja de los anteriores.

Además, un equipo puede tener elementos que estén en distintas fases del ciclo de vida, en distintos estadios de desarrollo y madurez, y por lo tanto, la selección de tareas que sean aplicables a cada una de las partes, puede ser distinta. Los equipos (y sub-equipos) en fase conceptual requieren más análisis, mientras que los que ya existen físicamente y son maduros (COTS) es deseable concentrar el esfuerzo en pruebas e incluso en evaluación de la F/M en su uso y operación diario.

**NOTA:** Un equipo, puede tener en una línea de configuración base, elementos que sean de nuevo desarrollo, y otros elementos que sean COTS, siendo por lo tanto de aplicación unas tareas de F/M u otras.

## 5.4 Responsable de la Realización

El Contratista Preparará el PP F/M y lo enviará al Cliente, o a la autoridad de F/M que él determine, para su evaluación y/o aceptación.

De forma similar, el Contratista trabajará como Cliente de sus subcontratistas, exigiendo a cada uno su PP de F/M y revisándolo y aprobándolo, o proponiendo modificaciones en caso de considerarlo necesario.

## 6 NECESIDAD DE DATOS Y REQUISITOS PREVIOS

Hay dos fuentes principales de datos necesarios para preparar un PP F/M: el Cliente y el Contratista, ambos con funciones diferentes y necesarias para completar con éxito un Programa de F/M.

### 6.1 Datos que debe Suministrar el Cliente

Los datos principales que debe fijar y suministrar el Cliente son los requisitos cualitativos y/o cuantitativos de Fiabilidad y Mantenibilidad (MTBF, MTTR) que necesita para el suministro de referencia.

Por lo general serán indicados en una parte de la documentación contractual (Doc. Ref.: PPT; Apartado: Requisitos de F/M, en la Especificación Técnica, en algún párrafo especial relativo a F/M o en un anexo o documento referenciado en el propio PPT). EL Cliente puede establecer requisitos de F/M de muy diferentes formas, como los nombrados previamente, o usar formas muy generales de probabilidades de éxito de una misión o como un valor de Disponibilidad (que incluye la F y la M) o ser si lo prefiere mucho más específico indicando Eventos Indeseables, probabilidades de ocurrencia aceptables en cada caso, niveles de detectabilidad y de aislamiento de fallos y estos ligarlos con criticidades aceptables, porcentajes aceptables de Falsa Alarmas, o de fallos Secundarios, etc., pero con cuidado de valorar primero la influencia que pueden tener en los costes recurrentes, no recurrentes y plazos de ejecución.

Estos valores se convertirán en un condicionante fundamental del Contratista durante el diseño y demás fases del programa, condicionando todo su proceso de toma de decisiones técnicas.

El Cliente, por lo general, también entregará como parte del contrato una Lista de Documentos entregables, contractualmente exigidos o CDRL —Ing.: *Contractor Data Requirements List*—. En ella se referencia, entre otros muchos documentos de F/M y de diseño en general, el propio PP F/M si se desea que sea formalmente entregable.

El Plan PP F/M lo preparará el Contratista incluyendo aquellas tareas que considera imprescindibles para garantizar que el desarrollo cumplirá los requisitos de F/M impuestos al equipo.

### 6.2 Datos que debe Suministrar el Contratista

El Contratista por lo general entregará al Cliente los datos contractualmente requeridos en la lista de entregables, (CDRL) procedentes de los análisis y pruebas de desarrollo realizados y en concreto los de la propia ingeniería de F/M.

En general entregará si así lo requiere el cliente los resultados de las tareas seleccionadas (ver lista párrafo 4,3)

## 7 CONCLUSIÓN

La realización de las actividades comentadas anteriormente permite obtener el PP F/M. Este es un Documento formal y vivo, que define el programa de trabajos que realizará el Contratista para que el equipo objeto del desarrollo sea Fiable y Mantenible de acuerdo a los requisitos del Contrato.

El PP F/M puede ser específico o puede formar parte de otro plan, como por ejemplo el Plan de Calidad, o el de ILS, aunque es aconsejable que sea un plan independiente y específico.

El PP F/M es una herramienta de ayuda para la gestión de los trabajos de F/M, tanto para el Cliente como para el Contratista.

Es muy importante conocer y aclarar la interrelación que existen entre las tareas del PP F/M y las demás tareas de ingeniería establecidas en los otros planes específicos de desarrollo (PGIS, PALI, Plan de Desarrollo SW, etc.).

### 7.1 Consideraciones Importantes

El PP F/M por lo general se convierte en un documento fundamental en el desarrollo del proyecto, que define en detalle las tareas de F/M que realizará el Contratista y los procedimientos aplicables. Se recomienda que el contenido del PP F/M sea consensuado entre el Cliente y el Contratista, con el objeto de aclarar los alcances y contenidos antes de su aprobación definitiva.

Se recomienda también que el empleo de procedimientos y normativa se lleve a cabo haciendo previamente un esfuerzo de adaptación a las condiciones específicas del proyecto bajo estudio y de la fase concreta.

Pero, el PP F/M solamente será efectivo si el Contratista lo sigue y el Cliente comprueba su seguimiento, a través de su participación en las revisiones de diseño.

El fallo en la asignación de los Presupuestos o del Personal adecuado (es decir, formado y con experiencia en Ingeniería de F/M), o la falta de un decidido apoyo desde la Dirección al Programa de F/M, tanto por parte del Cliente como por parte del Contratista, pueden convertir el Plan PP F/M en *papel mojado (Dead Letter)*. En este caso, el equipo suministrado finalmente por el Contratista y lo que puede ser más grave, el sistema final –WS–, puede ver comprometidos, o no cumplir, los requisitos de Fiabilidad y/o Mantenibilidad.

Dependiendo del grado de incumplimiento, puede incluso volver inútil al sistema de armas, volviéndolo no operativo ni utilizable cuando se necesite, y de esa forma comprometer toda la estrategia que lo requería.

## **A. REGLAS DE SELECCIÓN DE LAS TAREAS APLICABLES A UN PP F/M**

La Aplicabilidad de cada actividad dependerá de la fase de desarrollo, de la libertad de diseño remanente, del tipo de cada elemento y de su criticidad respecto al sistema, pero sobre todo de las condiciones y requisitos del contrato.

- Deseable (D): Actividad recomendable para conseguir el objetivo de adquirir un equipo Fiable y Mantenible, dependiendo de los casos, se puede justificar el no hacerla.
- Necesaria (N): Actividad muy importante para conseguir el objetivo de adquirir un equipo Fiable y Mantenible. El no realizarla puede dar lugar a problemas de fiabilidad. Sólo en último término, si no hay más remedio, se puede evitar el hacerla.
- Crítica (C): Actividad imprescindible para conseguir el objetivo de adquirir un equipo Fiable y Mantenible. El no realizarla dará lugar a problemas de fiabilidad. Es ineludible y Nunca es justificable el no hacerla.
- Vacío (NA): Actividad prescindible o innecesaria para conseguir el objetivo de adquirir un equipo Fiable y Mantenible. El no realizarla no da lugar a problemas de fiabilidad. Es justificable el no hacerla.

**Tabla 1: Reglas de Selección de las Tareas**

Ref.: Párrafo	Tareas de F/M vs fases PAPS-NATO	Viabilidad	Definición	Diseño y Desarrollo	Produ- cción	Servicio	Notas y aclaraciones
ARMP 302	INTEGRACIÓN DE LA R&M EN EL DISEÑO	Deseable	Crítica	Crítica			iaw MIL-HDBK-338 Participar en las decisiones de Diseño, revisiones internas, hablar día a día con los diseñadores de HW, SW y Sistemas, Difundir requisitos, realimentarlos con ideas de mejora de la Fiabilidad, Opinar de las propuestas de cambio y sus efectos en la Fiabilidad, participar en las FRBs
PEFM 303 ARMP 303	PLAN DEL PROGRAMA		Deseable	Crítica	Crítica	Deseable	iaw MIL-STD-758 & 721 Definir Objetivos, Escoger y Tailorizar Tareas, Definir responsables, datos necesarios y quién y cuándo los da, Planificación y coordinación de recursos y actividades
PEFM 321 ARMP 304	MONITORIZACIÓN DE SUBCONTRATISTAS		Deseable	Crítica	Crítica		iaw MIL-STD- Guiado y Monitorización de subcontratistas, definir, recibir y revisar los datos y estudios de su SOW y CDRL, aprobar los estudios pruebas y pagos asociados
PEFM 315 ARMP 305	INTEGRACIÓN DE GFE		Necesaria	Crítica	Crítica		
PEFM 316 ARMP 306	REVISIONES DE DISEÑO		Necesaria	Crítica	Necesaria		iaw MIL-STD-1519 <i>Design Reviews, Checklists, Baselines</i> , Documentación asociada, etc.
PEFM 302 ARMP 307	CONDICIONES DE OPERACIÓN Y AMBIENTALES	Necesaria	Crítica	Crítica	Deseable	Deseable	
PEFM 309 ARMP 308	CRITERIOS DE DISEÑO		Necesaria	Crítica	Deseable		
PEFM 312 ARMP 311	COMPONENTES Y MATERIALES		Necesaria	Crítica	Crítica		iaw MIL-STD 965 Parts Control Prog. Preparar y Definir las PPL, políticas de estandarización, Componentes Preferidos, Calidades mínimas requeridas, Procedimientos para justificar elecciones alternativas, SCDs, etc.
PEFM 304 ARMP 312	MODELIZACIÓN	Deseable	Necesaria	Crítica			iaw MIL-STD- 756 & MIL-HDBK-338 Modelización, Serie, Paralelo, K de N, otros.
PEFM 305 ARMP 313	ASIGNACIÓN		Necesaria	Crítica			iaw MIL-HDBK-756 & 338 GRES, BOEING, Otros de cada Empresa

Ref.: Párrafo	Tareas de F/M vs fases PAPS-NATO	Viabilidad	Definición	Diseño y Desarrollo	Produ- cción	Servicio	Notas y aclaraciones
PEFM 406 ARMP 314	PREDICCIÓN	Necesaria	Crítica	Crítica			iaw MIL-HDBK-338 y MIL-HDBK-217, MIL-HDBK-472, BELLCORE o NPRDs, Métodos de Conteo de Partes o de Análisis de Esfuerzos en cada elemento
PEFM 307 ARMP 315	FMECA (AMFEC), ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO		Necesaria	Crítica	Necesaria		iaw MIL-HDBK-1629 u otras de automoción, Funcional o HW, Aproximado o Cuantitativo, a nivel de Interfaz o de BF o de Componente, <i>Inputs</i> y <i>Outputs</i> ? <i>Bottom-Up</i> Inductivo
ARMP 316	ANÁLISIS DEL ÁRBOL DE FALLOS		Necesaria	Crítica	Necesaria		iaw MIL-HDBK-338 Top-Down Deductivo
ARMP 317	ANÁLISIS DE CIRCUITOS DE SNAKE		Deseable	Necesaria	Deseable		iaw MIL-HDBK-338
PEFM 323 ARMP 318	ANÁLISIS DEL IMPACTO DE SW		Necesaria	Crítica	Crítica	Necesaria	Influencia del SW en la Fiabilidad y su comportamiento en el Tiempo e Implicaciones
EPFM 324 ARMP 319	ANÁLISIS DEL IMPACTO DE FACTORES HUMANOS		Deseable	Crítica	Deseable	Deseable	Influencia de los factores, limitaciones y fallos Humanos en la Fiabilidad y su comportamiento en el Tiempo e Implicaciones, Diseños <i>Foolproofness</i>
ARMP 320	ANÁLISIS DE DERATING		Necesaria	Crítica	Crítica		iaw MIL-HDBK-251, Limitación de Esfuerzos Térmicos, Eléctricos y Mecánicos en los componentes, Condiciones Nominales y Peores casos de funcionamiento exigibles, Operación con Daño
PEFM 312 ARMP 321	LISTAS DE ELEMENTOS CRÍTICOS		Deseable	Crítica	Necesaria		Lista de elementos y sus peores aspectos que comprometen la Fiabilidad o la debilitan, Acciones para eliminarlos paulatinamente o controlar su impacto
PEFM 314 ARMP 322	LISTAS DE ELEMENTOS DE VIDA LIMITADA		Deseable	Crítica	Necesaria		Lista de elementos con limitaciones de vida, Acciones para eliminarlos paulatinamente o controlar su impacto, RCM iaw MIL-STD- tareas de inspección, ajuste o sustitución en mantenimiento
PEFM 322 ARMP 325	DRACAS/FRACAS		Deseable	Crítica	Crítica	Necesaria	iaw MIL-STD-2155 Sistema de Mejora continuada por Detección de Fallos, Notificación, Revisión y Propuestas de Modificación y posterior seguimiento del comportamiento de dicha Modificación, para ir aprendiendo y depurando el diseño, los métodos de fabricación, de prueba y todo el apoyo logístico, FRB

Ref.: Párrafo	Tareas de F/M vs fases PAPS-NATO	Viabilidad	Definición	Diseño y Desarrollo	Producción	Servicio	Notas y aclaraciones
PEFM 381 ARMP 326	PRUEBAS DE CRECIMIENTO DE LA FIABILIDAD RGT/TAAF		Deseable	Crítica			iaw MIL-STD-781 Pruebas aceleradas de simulación de los esfuerzos en la vida del equipo, Ciclos, para descubrir debilidades de Diseño o Producción
PEFM 327 ARMP 319	PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN DE LA FIABILIDAD			Crítica	Necesaria		iaw MIL-STD-189 & 781 Pruebas aceleradas para medir la Fiabilidad, Curvas OC
PEFM 317 ARMP 328	ESS CRIBADO POR ESFUERZOS AMBIENTALES		Deseable	Crítica	Crítica		iaw MIL-STD-2164 & 344 Pruebas aceleradas de aplicación de esfuerzos en la vida del equipo, Ciclos, para descubrir debilidades de Diseño o Producción
PEFM 320 ARMP 329	PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PRAT/PAT			Necesaria	Crítica		iaw MIL-STD-781 Pruebas aceleradas de aplicación de esfuerzos en la vida del equipo, Ciclos, para eliminar la <i>Mortalidad Infantil</i>
PEFM 325 ARMP 330	INGENIERÍA DE FIABILIDAD DE FASE EN SERVICIO		Deseable	Necesaria	Necesaria	Crítica	Ingeniería de Fiabilidad para las modificaciones de Diseño, Apoyo y Boletines de Servicio

**Tabla 2: Reglas de Selección de las Tareas**

Ref.: Párrafo PEFM o ARMP o MIL-STD-2165	Tareas de F/M vs fases PAPS-NATO	Viabilidad	Definición	Diseño y Desarrollo	Producción	Servicio
PEFM 308 ARMP 323	APOYO LOGÍSTICO INTEGRADO				Necesaria	
ARMP 324	CLASIFICACIÓN DE LOS DATOS				Crítica	
PEFM 326 ARMP 318	PRUEBAS DE HOLOGACIÓN DE LA FIABILIDAD RGT			Crítica	Deseable	
MIL-STD-2165	DOCUMENTO DE ANÁLISIS DE TESTABILIDAD DE DISEÑO	Deseable	Necesaria	Crítica		
MIL-STD-2165	FILOSOFÍA Y DIAGRAMAS DE SECUENCIA DEL BIT	Deseable	Necesaria	Crítica		
MIL-STD-2165	CATÁLOGO DE FALLOS	Deseable	Necesaria	Crítica		
MIL-STD-2165	ASSESSMENT, EVALUACIÓN DE TESTABILIDAD	Deseable	Necesaria	Crítica		
MIL-STD-2165	DEMOSTRACIONES DE MANTENIBILIDAD Y TESTABILIDAD 327		Deseable	Necesaria	Necesaria	Crítica

**NOTA:** Para más detalle en la descripción de cada tarea se recomienda primero la descripción simplificada que se encuentra en cada caso en el Anexo C, en las NATO ARMP 1 y principalmente 2, que están publicadas en Inglés y francés o en su traducción y adaptación del Ministerio de Defensa en las PEFM (Publicación Española de F/M) y con detalle en cada una de las Normas Referenciadas en el mismo Anexo C, en algunos casos serán capítulos de una norma y en otros, caso de las Tareas más complejas hay norma explícita sobre el particular.

## **B. PÁRRAFO 303 DE LA PEFM-2**

Este anexo, a modo de clarificación, incluye la siguiente traducción del Párrafo 303 de la PEFM-2 (Publicación Española de Fiabilidad y Mantenibilidad, Abril 1998)

### **PARRAFO 303**

#### **PLAN DEL PROGRAMA DE F/M**

El contratista elaborará planes de F/M que definan las tareas de gestión y técnicas que han de llevarse a cabo y los órganos responsables de las mismas. En estos planes debe incluirse:

- a) Una descripción de las tareas de F/M que deben seleccionarse para cumplir los requisitos especificados en el contrato.
- b) Definición de las etapas del programa de F/M más importantes, su duración y su coordinación con otras actividades de diseño, desarrollo, producción y apoyo, y con las revisiones de diseño y de programa.
- c) Los procedimientos a emplear para llevar a cabo las tareas de F/M.
- d) Descripción y valoración de los recursos necesarios para cumplir los requisitos de F/M.
- e) Problemas que se prevén y los medios adecuados para solventarlos.
- f) Los medios para conseguir que todo el personal implicado en el contrato, con inclusión de los subcontratistas, tenga pleno conocimiento de los requisitos de F/M y de sus responsabilidades.
- g) Determinación de las actividades de F/M necesarias para la integración e instalación del equipo en otros sistemas.
- h) Los puestos clave para dirigir el plan de F/M y el desarrollo de las tareas de F/M, sus responsabilidades y funciones, así como la manera de que el comprador esté informado acerca del personal designado para cubrir estos puestos.
- i) La organización general, para mostrar cómo está involucrado en el plan de F/M el personal del contratista en sus distintos departamentos: diseño, desarrollo, producción y apoyo en servicio.
- j) Métodos utilizados por el contratista para establecer la conexión con el comprador para garantizar que los planes de F/M se revisan y, en caso necesario, se ajustan.

Los planes de F/M estarán adecuadamente documentados para su referencia en el contrato.

Si los planes de F/M pasan a ser documentos contractuales y son aprobados por el comprador, no podrán modificarse sin su previa aprobación.

### **GUÍA**

El objeto de esta tarea es planificar el programa de F/M del contratista, con inclusión de todas las tareas de F/M, las necesidades temporales y de recursos, los controles de gestión y los informes precisos para alcanzar los requisitos de F/M del sistema/equipo.

El plan de F/M constituirá la herramienta básica, para comprador y contratista, para gestionar el cumplimiento de las exigencias de F/M. Puede servir para valorar el enfoque, la comprensión y la ejecución de las tareas de F/M del contratista.

El contratista debe desarrollar el plan de la siguiente manera:

- Revisar los requisitos del contrato que puedan influir en el cumplimiento y aseguramiento de los niveles de F/M especificados.
- Determinar las actividades de F/M necesarias, mediante la atención adecuada a:
  - las condiciones de funcionamiento y ambientales
  - las funciones de hardware, software y humanas necesarias
  - los procesos de fabricación precisos.
- Determinar los datos que necesita, basados en su experiencia de funcionamiento y apoyo.
- Evaluar el efecto de la ingeniería de F/M sobre la capacidad del sistema/equipo para cumplir otros requisitos: prestaciones, integración y apoyo logístico.
- Usar esta última información para alcanzar los compromisos obligados conducentes a la confección de un programa de F/M que sea coherente con las restricciones generales impuestas en el contrato, como por ejemplo coste y plazo de entrega.
- Determinar los cursos necesarios de formación del personal relacionado con el proyecto.

Si el comprador estima necesario un plan del programa de F/M, debe especificarlo así en el contrato. Sin embargo, si sólo se precisan algunas tareas de F/M, puede no ser indispensable la elaboración de un plan del programa de F/M.

El comprador tendrá en cuenta los temas siguientes e incluirá en los documentos contractuales los que considere aplicables:

- Exigencia de un plan del programa de F/M
- Identificación de cada tarea de F/M
- Identificación de tareas adicionales a realizar e información suplementaria a suministrar
- Determinación de exigencias de formación de personal
- Identificación de los datos a suministrar

## C. TAREAS MÁS COMUNES

CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES.....	22
CICLOS DE SERVICIO.....	23
EFFECTOS DE LAS CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES EN LA F/M .....	24
EFFECTOS DE PROCESOS EN LA F/M .....	25
PLAN DE F/M.....	26
PREPARACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO DE LA F/M .....	27
ASIGNACIÓN DE REQUISITOS DE F/M .....	28
PREDICCIÓN DE LOS VALORES DE F/M DE UN ELEMENTO.....	29
PREDICCIÓN DE LOS VALORES DE F DE UN ELEMENTO (MTBF, NFF, SFF, MTBUR, Ar,...).....	30
PREDICCIÓN DE LOS VALORES DE M DE UN ELEMENTO (MTTT, MTTR, MTTR HOS,...) .....	31
FMECA .....	32
INTEGRACIÓN DE MANTENIBILIDAD EN EL ANÁLISIS DE APOYO LOGÍSTICO .....	33
CRITERIOS PARA HACER UN DISEÑO FIABLE Y MANTENIBLE .....	34
CRITERIOS PARA HACER UN DISEÑO FIABLE.....	35
CRITERIOS PARA HACER UN DISEÑO MANTENIBLE.....	36
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO POR F/M.....	37
FIABILIDAD DE PIEZAS Y MATERIALES .....	38
LISTA DE ELEMENTOS CRÍTICOS (F) .....	39
ANÁLISIS DE ELEMENTOS CON VIDA LIMITADA .....	40
INTEGRACIÓN DEL EQUIPO SUMINISTRADO POR EL COMPRADOR .....	41
REVISIONES DE DISEÑO, ASPECTOS DE F/M.....	42
PRUEBAS DE CRIBADO DE FIABILIDAD .....	43
PROGRAMA DE PRUEBAS- DE MEJORA DE LA FIABILIDAD .....	44
PROGRAMA DE PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN DE LA FIABILIDAD.....	45
PROGRAMA DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE FIABILIDAD DURANTE LA PRODUCCIÓN.....	46
CONTROL DE SUBCONTRATISTAS, ASPECTOS DE F/M .....	47
FRACAS .....	48
FIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD DEL SOFTWARE .....	49
INCIDENCIA DEL FACTOR HUMANO SOBRE F/M .....	50
SEGUIMIENTO DE LA F/M DURANTE EL SERVICIO.....	51

## CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES

### ENVIRONMENTAL CONDITIONS

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_302 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES Y DE FUNCIONAMIENTO
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Esta tarea de F/M consiste en analizar la influencia de las condiciones medioambientales de operación sobre la F/M, las posibles limitaciones impuestas por ellas y otros condicionantes de diseño, soporte y operación que de ellas se puedan determinar. Ver a y b
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-810; MIL-STD-1670
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Especificación PPT, CDRL 2 Requisitos Ambientales 3 Diseño preliminar, WBS 4 Arquitecturas alternativas posibles
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Requisitos de Diseño Derivados 2 Requisitos para F/M SES 3 Influencia en el Diseño preliminar 4 Selección de la mejor Arquitectura entre las posibles
<b>APLICABILIDAD PAPS1</b>	
<b>Definición y diseño</b>	C
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	D
<b>En servicio</b>	D

<sup>1</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## CICLOS DE SERVICIO

### SERVICE CYCLES

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_302a CICLOS DE SERVICIO
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Consiste esencialmente en determinar el perfil de empleo del sistema y de sus componentes fundamentales (Duty Cycles, estado de funcionamiento ON vs OFF de cada elemento, OH/Y, etc., para cada misión y el número de misiones por año, etc...).
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-785
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Especificación PPT, CDRL 2 Requisitos de F/M, Operación 3 Diseño preliminar, WBS 4 Arquitecturas alternativas posibles
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Modelo de Empleo elemento por elemento 2 Determinación de Diferentes Modos de Operación 4 Determinación de Modos de Operación degradados
<b>APLICABILIDAD PAPS2</b>	
<b>Definición y diseño</b>	C
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	D
<b>En servicio</b>	D

<sup>2</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **EFFECTOS DE LAS CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES EN LA F/M**

### **ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON R/M**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_302b CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Esta Tarea de consiste en determinar las temperaturas nominales y en los casos peores, o más extremos, de operación, ya sea por vibraciones (gunfire-vibrations, Torpedo-Choque, nominal), aceleraciones, absorción de daño en combate y supervivencia, etc. y analizar su influencia en relación con los esfuerzos térmicos, mecánicos y eléctricos.
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-785; MIL-STD-810
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Especificación PPT, CDRL 2 Requisitos Ambientales 3 Diseño preliminar, WBS 4 Arquitecturas alternativas posibles
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Influencia de condiciones ambientales en establecer Requisitos de Diseño Derivados para F/M en SES 2 Influencia en Diseño
<b>APLICABILIDAD PAPS3</b>	
<b>Definición y diseño</b>	C
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	D
<b>En servicio</b>	D

<sup>3</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **EFFECTOS DE PROCESOS EN LA F/M**

### **PROCESS EFFECTS ON R/M**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_302c EFECTOS DE LA FABRICACIÓN, PRUEBAS, ALMACENAMIENTO, CONSERVACIÓN, EMBALAJE, TRANSPORTE, MANIPULACIÓN Y MANTENIMIENTO
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Esta Tarea de F/M consiste en analizar la influencia de las condiciones ambientales durante la producción sobre la F/M, ver las posibles limitaciones impuestas por ellas y otros condicionantes de diseño que de ellas se puedan determinar.  Se deben analizar también las condiciones o solicitudes impuestas durante el transporte que por ejemplo para el caso de Helitransporte pueden resultar en vibraciones más peligrosas que las normales de operación y a las que, si así se especifica, el equipo debe sobrevivir.
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-785; MIL-HDBK-727
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Especificación PPT, CDRL 2 Requisitos de Transporte, Procesos,... 3 Diseño preliminar, WBS 4 Arquitecturas alternativas posibles
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Influencia de procesos en establecer Requisitos de Diseño Derivados para F/M en SES 2 Influencia en Diseño
<b>APLICABILIDAD PAPS4</b>	
<b>Definición y diseño</b>	C
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	D
<b>En servicio</b>	D

<sup>4</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## PLAN DE F/M

### R/M PROGRAMME PLAN RMPP

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_303 PLAN DEL PROGRAMA DE F/M
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Esta Tarea de Gestión de la F/M consiste esencialmente en elaborar un Documento Formal con el Plan de trabajos de F/M que se van a realizar para asegurar que se va a diseñar y producir un equipo fiable y mantenible en línea con su especificación.</p> <p>Se deben identificar la organización, el nivel de autoridad y los responsables nominados, así como la planificación y una justificación de la elección de las tareas elegidas y su procedimiento y nivel de detalle adecuado.</p> <p>Es un documento de gestión vivo, sujeto a revisión y aprobación por el cliente</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-785, MIL-STD-470
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Especificación PPT, CDRL</li> <li>2 Requisitos de F/M</li> <li>3 Diseño preliminar, WBS</li> <li>4 Organigrama y Responsabilidades</li> <li>5 Requisitos contractuales de Plazos y Fechas</li> </ul>
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Documento Formal de Gestión del Programa de F/M</li> <li>2 Selección de Tareas de F/M a realizar</li> <li>3 Planificación y Coste del Programa de F/M</li> </ul>
<b>APLICABILIDAD PAPS5</b>	
<b>Definición y diseño</b>	D
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	C
<b>En servicio</b>	D

<sup>5</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **PREPARACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO DE LA F/M**

### **R/M MODELISATION**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_304 MODELIZACIÓN DE F/M
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Consiste en Establecer un modelo matemático del comportamiento de la fiabilidad (y/o mantenibilidad) en función de la arquitectura y redundancias (serie, paralelo, K de N,...) y de las demás características del sistema: físicas, Tasas de Fallo.</p> <p>Permiten realizar análisis de fiabilidad orientados a determinación del mantenimiento y otros enfocados a calcular la probabilidad de completar una misión y/o de modos de funcionamiento degradados.</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-756; MIL-STD-338
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	<p>1 Especificación PPT, CDRL</p> <p>2 Requisitos de F/M</p> <p>3 Diseño preliminar, WBS</p> <p>4 Arquitecturas alternativas posibles</p>
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	<p>1 Estimaciones de Fiabilidad y elementos críticos</p> <p>2 Fiabilidad de Misión</p> <p>3 N° de Fallos y Reparaciones necesarias</p> <p>4 Datos para calcular Repuestos, Soporte en General</p>
<b>APLICABILIDAD PAPS6</b>	
<b>Definición y diseño</b>	N
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	
<b>En servicio</b>	

<sup>6</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## ASIGNACIÓN DE REQUISITOS DE F/M

### R/M REQUIREMENTS ALLOCATION

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_305 ASIGNACIÓN DE OBJETIVOS DE F/M
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Consiste esencialmente en el Reparto y Asignación de requisitos de F/M. Partiendo desde la especificación de alto nivel, y asignando valores a los niveles inferiores del breakdown desde un sistema a sus sub-sistemas, los equipos y los LRUs que lo componen (proceso de especificación).</p> <p>Las tasas de reparto se pueden establecer por juicio de expertos, hay que tener en cuenta la complejidad relativa de cada elemento, si tienen HW solo o también SW y la criticidad de cada elemento.</p> <p>Hay diferentes procedimientos y cada empresa aplica los que considere oportunos salvo imposición contractual, (Grado de Esencialidad, Método Boeing,...)</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-338
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Especificación PPT, CDRL</li> <li>2 Requisitos de F/M</li> <li>3 Diseño preliminar, WBS</li> <li>4 Listas de Suministradores</li> </ol>
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Especificaciones de F/M de los Subcontratistas</li> <li>2 Especificaciones de F/M de los elementos del breakdown</li> <li>3 CDRL de F/M de los Subcontratistas</li> <li>4 Plan de Pagos de los Subcontratistas</li> </ol>
<b>APLICABILIDAD PAPS7</b>	
<b>Definición y diseño</b>	N
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	
<b>En servicio</b>	

<sup>7</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente. Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **PREDICCIÓN DE LOS VALORES DE F/M DE UN ELEMENTO**

### **R/M PREDICTIONS**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_306 PREDICCIONES DE F/M
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Ver las dos siguientes a y b
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-HDBK-217
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Especificación PPT, CDRL 2 Requisitos de F/M 3 Diseño preliminar, WBS 4 Diagramas de Bloques Funcionales 5 Listas de Señales y Funciones, ICD y Listas de Componentes
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Cálculo de Fiabilidad y elementos críticos 2 Fiabilidad de Misión 3 N° de Fallos y Reparaciones necesarias 4 Datos para calcular Repuestos, Soporte en General
<b>APLICABILIDAD PAPS8</b>	
<b>Definición y diseño</b>	C
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	
<b>En servicio</b>	

<sup>8</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **PREDICCIÓN DE LOS VALORES DE F DE UN ELEMENTO (MTBF, NFF, SFF, MTBUR, Ar,...)**

### **R PREDICTIONS**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_306a PREDICCIONES DE FIABILIDAD
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Consiste en obtener para todos y cada uno de los componentes, entrando en tablas y gráficos de un prontuario tipo MIL-HDBK-217 (electrónicos) NPRDs (Variso y mecánicos) u otro aplicable(base Bellcore), y en función de valores de estado de cada componente (Tj, Stress) obtener el valor de la tasa de fallos individual esperable (FR, MTBF) de cada componente y para cada conjunto, modulo en modelo Serie.</p> <p>Se procede igual para todos los Módulos, LRUs y Equipos y sumando en serie las Tasas de fallo individuales se obtienen las superiores</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-HDBK-217
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	<p>FRP:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Anteriores más:</li> <li>2 MPL/CPL</li> <li>3 FBD</li> <li>4 Análisis Térmicos</li> <li>5 Análisis de Esfuerzos</li> </ol>
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Cálculo de Fiabilidad y elementos críticos</li> <li>2 Fiabilidad de Misión</li> <li>3 N° de Fallos y Reparaciones necesarias</li> <li>4 Datos para calcular Repuestos, Soporte en General</li> </ol>
<b>APLICABILIDAD PAPS9</b>	
<b>Definición y diseño</b>	C
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	
<b>En servicio</b>	

<sup>9</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **PREDICCIÓN DE LOS VALORES DE M DE UN ELEMENTO (MTTT, MTTR, MTTR HOS,...)**

### **M PREDICTIONS**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_306b PREDICCIONES DE MANTENIBILIDAD
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Consiste en obtener de todos los componentes y elementos mecánicos, entrando en tablas o gráficos de un prontuario MIL-HDBK-472 o por datos medidos en laboratorio (o por juicio de expertos) y en función de características de cada elemento componente (tipo, rosca, etc...) sacar el valor de los tiempos de MTTR individual y general de cada elemento en modelo Serie.</p> <p>De forma similar se procede con los Tiempos de Pruebas ya sean par Troubleshooting (Detección y Aislamiento de Fallos) o de Pruebas Funcionales.</p> <p>Se pueden hacer los Análisi para ET Elapsed Time o para HOS Hand-On-Spanner</p> <p>Los datos anteriores ponderados con los resultados de el análisis de Fiabilidad permiten obtener los MTTRs de los conjuntos.</p> <p>La Arquitectura y los resultados anteriores nos permiten obtener los MTTR en los diferentes Niveles de Mantenimiento.</p> <p>La combinación de los anteriores resultados permiten completar un anaálisis de Disponibilidad.</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-HDBK-472
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	<p>MtA</p> <p>1 FRP</p> <p>2 Arquitectura</p> <p>3 Breakdown del Equipo hasta componentes</p> <p>4 Planos Mecánicos Preliminares</p> <p>5 Concepto Preliminar de Mantenimiento</p>
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	<p>1 Cálculo de Mantenibilidad y elementos críticos</p> <p>2 Disponibilidad de Misión y Operativa</p> <p>3 Tiempos para Detectar, Aislar y Reparar</p> <p>4 Datos para calcular Soporte en General</p>
<b>APLICABILIDAD PAPS10</b>	
<b>Definición y diseño</b>	C
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	
<b>En servicio</b>	

<sup>10</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **FMECA**

### **FMEA, FMECA, FMES, AMFEC**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_307 ANÁLISIS DE MODOS DE _FALLO EN F/M, DE SUS EFECTOS Y DE SU CRITICIDAD
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Familia de análisis aplicable a procesos, equipos o sistemas</p> <p>Permite definir fallos a nivel HW, funcional y/o mixto y para cada caso de fallo asignar una probabilidad de ocurrencia.</p> <p>Identificar y Documentar los efectos a niveles superiores subsiguientes hasta el sistema completo.</p> <p>Identificar la criticidad de las consecuencias.</p> <p>Se deben analizar los Fallos de Entradas y Salidas, solo Fallos Simples, y solo consecuencias aguas abajo.</p> <p>Es un análisis Botton-Up, Inductivo, complementario a los FSA-FTA Árboles de Fallo.</p> <p>Cuando se dispone de FBD y FRP Prelim. (Parts Count) se puede hacer un FMECA Prelim.</p> <p>Cuando se dispone de Esquemáticos FRP St-A, se puede hacer un FMECA Comp.</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-1629; MIL-STD-2070, MIL-STD-882
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 FRP</li> <li>2 FBD y Esquemáticos</li> <li>3 Breakdown del Equipo hasta componentes</li> <li>4 Planos Mecánicos Preliminares</li> <li>5 Concepto Preliminar de Mantenimiento</li> </ol>
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Determinación de elementos y sus aspectos críticos</li> <li>2 Criterios de Diseño para Fiabilidad y Mantenibilidad, Definición del BITE</li> <li>3 Tiempos para Detectar, Aislar y Reparar</li> <li>4 Identificación de las Tareas de Mantenimiento y Operación</li> <li>5 Diseño para Seguridad Safety</li> </ol>
<b>APLICABILIDAD PAPS11</b>	
<b>Definición y diseño</b>	N
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	N
<b>En servicio</b>	

<sup>11</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente. Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **INTEGRACIÓN DE MANTENIBILIDAD EN EL ANÁLISIS DE APOYO LOGÍSTICO**

### **MEA MAINTAINABILITY ENGINEERING ANALYSIS, DTA DETAILED TASK ANALYSIS**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_308 INTEGRACIÓN DE LA MANTENIBILIDAD EN EL APOYO LOGÍSTICO
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Es un análisis que partiendo de la Modelización y de las Predicciones de Mantenibilidad da un paso más para analizar los recursos de apoyo necesarios para reparar (a cada nivel de mantenimiento) y permite identificar cuellos de botella logísticos y ver como influir en el diseño para Mantenibilidad para evitarlos.
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-1388-1A
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 FRP 2 Mt A 3 LSA/R Preliminar 4 LCC/LORA Preliminar
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Determinación de elementos y sus aspectos críticos 2 Identificación de las Tareas de Mantenimiento y Operación 3 Análisis detallado de tareas de Mantenimiento 4 RCM Identificación de las Tareas de Mantenimiento Preventivo 5 Determinación de recursos de Apoyo
<b>APLICABILIDAD PAPS12</b>	
<b>Definición y diseño</b>	C/N
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	D/N
<b>En servicio</b>	D

<sup>12</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **CRITERIOS PARA HACER UN DISEÑO FIABLE Y MANTENIBLE**

### **DESIGN TO R/M**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFOS_309_310 CRITERIOS DE FIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD EN EL DISEÑO
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Identificar y Aplicar durante el diseño Reglas para conseguir un diseño Fiable y un diseño Mantenible. Se basa en juicio de expertos y en experiencias anteriores. Hay diversas Normas de Diseño para F/M y mucha literatura científica.
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-338, MIL-STD-470B
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Literatura especializada 2 Sentido Común 3 Experiencia de la Empresa 4 Consultoría
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Requisitos de Diseño para F/M al SES
<b>APLICABILIDAD PAPS13</b>	
<b>Definición y diseño</b>	N
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	D
<b>En servicio</b>	

<sup>13</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **CRITERIOS PARA HACER UN DISEÑO FIABLE**

### **DESIGN TO RELIABILITY**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_309 CRITERIOS DE FIABILIDAD EN EL DISEÑO
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Reglas generales a aplicar para conseguir un diseño Fiable, por ejemplo: simplicidad, modularidad, uso de pocos componentes (los más fiables disponibles), empleo de arquitecturas con redundancias, K de N, evitar sobre-esfuerzos (mecánicos, térmicos o eléctricos), adecuada aplicación de refrigeraciones, identificar y evitar Hot-spots, diseño Fool-proofness, Fail-Safe,...(hay mucha literatura técnica y mil-stds)
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-338
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Literatura especializada 2 Sentido Común 3 Experiencia de la Empresa 4 Consultoría
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Requisitos de Diseño para F/M al SES
<b>APLICABILIDAD PAPS14</b>	
<b>Definición y diseño</b>	N
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	D
<b>En servicio</b>	

<sup>14</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **CRITERIOS PARA HACER UN DISEÑO MANTENIBLE**

### **DESIGN TO MAINTAINABILITY**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_310 CRITERIOS DE MANTENIBILIDAD EN EL DISEÑO
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Reglas a aplicar para conseguir un diseño Mantenable por ejemplo:: minimizar el uso de tornillos, usar enganches rápidos tipo bayoneta, polarizados, para evitar errores y daños, la Identificación y Marcado de los elementos y reglas de ajuste documentadas sobre el propio equipo, simplicidad, modularidad, los elementos que más bajo MTBF tengan ponerlos en los lugares más accesibles, añadir paneles de acceso, con medidas adecuadas a la ergonomía del personal de mantenimiento y añadir BIT para detectar e identificar dichos fallos,....
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-470B
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Literatura especializada 2 Sentido Común 3 Experiencia de la Empresa 4 Consultoría
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Requisitos de Diseño para F/M al SES
<b>APLICABILIDAD PAPS15</b>	
<b>Definición y diseño</b>	N
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	D
<b>En servicio</b>	

<sup>15</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.

Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO POR F/M

### TRADE-OFF ANALYSIS (R/M)

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_311 F/M EN EL ESTUDIO DE COMPROMISOS
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Una vez establecida, en una Revisión de Diseño, el "Baseline de Referencia del Diseño" (sea la "Baseline" la línea de referencia Funcional -PDR-, Física -CDR- o de Producción -DDP-), Documentada y Aprobada y preparado su Modelo de F/M, cualquier ECP "Propuesta de Modificación de Diseño" requerirá un análisis del impacto sobre la F/M, y el evaluar las consecuencias en F/M, de cualquier propuesta de ingeniería para tener en cuenta dicho impacto, antes de poder decidir la aceptabilidad de la propuesta como modificación de diseño aceptada
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-338
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Línea de referencia Funcional o física 2 Modelo de F/M 3 Propuestas de alternativas de diseño
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Alternativa de Diseño preferida por mejorar la F/M 2 Consideraciones Adicionales 3 Propuestas de Modificación del Diseño
<b>APLICABILIDAD PAPS16</b>	
<b>Definición y diseño</b>	N
<b>Diseño y desarrollo</b>	N
<b>Producción</b>	D
<b>En servicio</b>	D

<sup>16</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **FIABILIDAD DE PIEZAS Y MATERIALES**

### **MATERIALS, COMPONENTS AND PIECE PARTS R**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_312 FIABILIDAD DE PIEZAS Y MATERIALES
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Esta Tarea de F/M consiste en establecer preferencias y reglas de selección y aceptación de Materiales (Componentes y Piezas) para incorporarlos en nuestro diseño.  Documentos con las Familias y tipos Aceptables y Preferidos, Seguimiento Obsolescencias y aplicación de Criterios de Selección, Imposición de Reglas de Estandarización, al Sistema y a su Sistema de Apoyo,...
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-965
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Literatura especializada 2 Sentido Común 3 Experiencia de la Empresa 4 Consultoría
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Familias de Componentes Estandarizados 2 Listas de Componentes Preferidos 3 Listas de Materiales Preferidos 4 SCDs de componentes No Estándares
<b>APLICABILIDAD PAPS17</b>	
<b>Definición y diseño</b>	N
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	C
<b>En servicio</b>	

<sup>17</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **LISTA DE ELEMENTOS CRÍTICOS (F)**

### **RELIABILITY CRITICAL ITEMS LIST RCIL**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_313 ELEMENTOS CRÍTICOS
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Esta Tarea de F/M consiste en ir preparando listas de elementos con los más críticos (Drivers), desde el punto de vista de la Fiabilidad (y/o M, y/o Soportabilidad, y atendiendo a los resultados de las predicciones y análisis de F/M y a otros diversos criterios y factores.</p> <p>Estas Listas se emplean durante el proceso de diseño para seguir y justificar la necesidad o posible eliminación de los elementos para quitarlos de la lista (Lista Negra) empezando por el más crítico de aquellos que figuran en la Lista.</p> <p>Se sigue esta herramienta como un criterio para asignación de prioridades de mejoras y cambios de diseño orientadas a la mejora de la F/M.</p> <p>Con los elementos que no se puedan eliminar, el departamento de TQM tiene una herramienta para diseñar e imponer inspecciones y pruebas especiales durante los Procesos de Producción, Reparación y Pruebas</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-338
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 FRP 2 Mt A 3 LSA/R Preliminar 4 LCC/LORA Preliminar
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Documento Formal y vivo de la RCIL
<b>APLICABILIDAD PAPS18</b>	
<b>Definición y diseño</b>	D
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	N
<b>En servicio</b>	

<sup>18</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## ANÁLISIS DE ELEMENTOS CON VIDA LIMITADA

### LIMITED LIFE ELEMENTS

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_314 ELEMENTOS DE VIDA LIMITADA
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Esta Tarea de F/M consiste en un Estudio para identificar y determinar aquellos elementos que por estar sujetos a desgaste tienen condicionantes de vida útil operativa limitada.</p> <p>Es fundamental su estudio en relación con el perfil de empleo del equipo y sus ciclos de operación (elemento por elemento) y en consecuencia implica ya sea la definición de tareas de mantenimiento preventivo y/o necesidad de rediseño para eliminar o para introducir elementos de monitorización con el objeto de transformar las acciones preventivas a mantenimiento "On-Condition" y/o a través de RCM-A justificar y diseñar el Mantenimiento Preventivo adecuado.</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-338
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	<p>1 FRP</p> <p>2 Mt A</p> <p>3 LSA/R Preliminar</p> <p>4 LCC/LORA Preliminar</p>
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Documento Formal y vivo de Elementos de Vida Limitada
<b>APLICABILIDAD PAPS19</b>	
<b>Definición y diseño</b>	D
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	N
<b>En servicio</b>	

<sup>19</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente. Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **INTEGRACIÓN DEL EQUIPO SUMINISTRADO POR EL COMPRADOR**

### **PURCHASER-SUPPLIED EQUIPMENT, PSE GOVERNMENT FURNISHED EQUIPMENT**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_315 INTEGRACION DEL EQUIPO SUMINISTRADO POR EL COMPRADOR (PURCHASER-SUPPLIED EQUIPMENT, PSE)
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Esta Tarea de Gestión de la F/M consiste en asegurar que para aquellos equipos que forman parte de nuestro equipo pero que son suministrados por el Ministerio de Defensa o su Representante, será éste (el Cliente o Purchaser) quien debe suministrar también los datos y análisis de F/M que sean aplicables, (y que nos exige) al sistema completo
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-785
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	EN GENERAL SIEMPRE SE NECESITA 1 Especificación PPT, CDRL 2 Requisitos de F/M 3 Diseño actual, WBS 4 Alternativas posibles
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Especificación de Requisitos de F/M, PPT, CDRL Purchaser y Customer 2 DRLs de F/M de suministros de Purchaser y Customer
<b>APLICABILIDAD PAPS20</b>	
<b>Definición y diseño</b>	N
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	C
<b>En servicio</b>	

<sup>20</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **REVISIONES DE DISEÑO, ASPECTOS DE F/M**

### **DESIGN REVIEW DR R/M**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_316 REVISIONES DE DISEÑO
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Esta es otra Tarea de gestión de la F/M y consiste en que, de acuerdo a las prácticas generales de la Ingeniería de sistemas, deben realizarse Revisiones y Auditorías, tanto al Programa ( comprobar avance y estado) del Diseño como a los Procedimientos de Diseño y a las características F/M que vá alcanzando el propio equipo diseñado en concreto a sus aspectos y características de F/M pero aplican a todas lás áreas de la Ingeniería.</p> <p>Para cada Revisión (IDR, PDR, CDR, ...), se concreta por medio de la revisión, discusión y aprobación si procede, y acuerdo de Acciones pendientes, de la documentación aportada para la propia Presentación de la Revisión de Diseño DR y por la revisión previa de los Documentos entregables de la CDRL F/M en los que se documentan formalmente los resultados de las Tareas de F/M y también mediante las Presentaciones, Respuestas y Cheklists correspondientes</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-1521
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	<p>EN GENERAL SIEMPRE SE NECESITA</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Especificación PPT, CDRL de F/M entregadas, revisadas y validadas</li> <li>2 Requisitos de F/M</li> <li>3 Diseño actual, WBS</li> <li>4 Alternativas posibles</li> <li>5 Resultados de los Trade Off a 4</li> <li>6 Presentación DR y Cheklists de F/M</li> </ol>
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Aclaraciones de F/M</li> <li>2 Actas de las Reuniones de F/M</li> <li>3 Listas de acciones Resultantes</li> <li>4 Informes de Cierre de las Acciones en la DR</li> </ol>
<b>APLICABILIDAD PAPS21</b>	
<b>Definición y diseño</b>	N
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	N
<b>En servicio</b>	

<sup>21</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente. Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **PRUEBAS DE CRIBADO DE FIABILIDAD**

### **ENVIRONMENTAL STRESS SCREENING, ESS**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_317 CRIBADO (ENVIRONMENTAL STRESS SCREENING, ESS)
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Para realizar esta Tarea de F/M se supone que ya hay Prototipos del Equipo y se someten a Pruebas de Ingeniería de F/M.</p> <p>Se necesita que existan prototipos representativos, que generalmente resultan destruidos al final de la prueba y Cámaras de Prueba (Instalaciones).</p> <p>Esto hace que estas tareas sean caras, mucho más que los análisis, aunque más sencillas conceptualmente y que además, se extiendan mucho en el tiempo.</p> <p>En ellas se someten a los equipos prototipos (Modelos B/C) a esfuerzos representativos de los que debe aguantar o ligeramente mayores con el objeto de reducir los tiempos de duración de la prueba, pero sin que sean tales que superen la capacidad de resistencia de diseño.</p> <p>Se procura precipitar, producir fallos que identifiquen debilidades y puntos de mejora, ya sea del Diseño, de Materiales empleados, o de los Procesos de Fabricación, etc.</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-2164; DOD-HDBK- 344
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	<p>EN GENERAL PARA PRUEBAS SIEMPRE SE NECESITA</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Especificación PPT, CDRL</li> <li>2 Requisitos de Pruebas F/M</li> <li>3 Normativa de Pruebas Selección de Procedimientos adecuados</li> <li>4 Equipos Prototipos Disponibles</li> <li>5 Cámaras e Instalaciones de Prueba</li> <li>6 Procedimiento y resultados de las Pruebas</li> </ol>
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Requisitos de Diseño Derivados</li> <li>2 Requisitos para F/M SES</li> <li>3 Influencia en el Diseño</li> <li>4 Mejora de la F/M del Producto</li> </ol>
<b>APLICABILIDAD PAPS22</b>	
<b>Definición y diseño</b>	D
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	C
<b>En servicio</b>	

<sup>22</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **PROGRAMA DE PRUEBAS- DE MEJORA DE LA FIABILIDAD**

### **RELIABILITY DEVELOPMENT GROWTH TEST, RDGT**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_318 PROGRAMA DE PRUEBAS- DE MEJORA DE LA HABILIDAD
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Son Pruebas, como las anteriores, enfocadas a la mejora y crecimiento de la fiabilidad, obteniendo una reducción paulatina de Tasa de Fallos del equipo.</p> <p>Se diseñan estas pruebas para provocar la precipitan fallos, se analizan las causas y se deciden mejoras que se implementan y se continúan mejorando poco a poco la fiabilidad del equipo, hasta alcanzar o incluso mejorar la especificada siempre que esto no encarezca en Coste.</p> <p>Se pueden precipitar muchos fallos por vibraciones, choques de temperatura, humedad y su combinación.</p> <p>De la investigación y análisis de los fallos y del descubrimiento de "paterns" de causa común se pueden sacar ideas e implemntar modificaciones para mejoarra la fiabilidad del equipo</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-HDBK-189
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	IGUAL QUE 3.17
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	<p>1 Requisitos de Diseño Derivados</p> <p>2 Requisitos para F/M SES</p> <p>3 Influencia en el Diseño</p> <p>4 Mejora de la F/M del Producto</p>
<b>APLICABILIDAD PAPS23</b>	
<b>Definición y diseño</b>	D
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	
<b>En servicio</b>	

<sup>23</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente. Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **PROGRAMA DE PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN DE LA FIABILIDAD**

### **RELIABILITY QUALIFICATION TEST, RQT**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_319 PROGRAMA DE PRUEBAS DE CALIFICACIÓN DE F/M
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Son Pruebas, como las anteriores, pero ya no se quiere precipitar fallos, sino someter el equipo a una representación de sus solicitaciones y vida completa de diseño y los resultados del análisis de los fallos que se producen se emplean para extrapolar, medir, verificar, validar y/o demostrar la fiabilidad real del sistema.
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-781, MIL-HDBK-189; MIL-STD-471
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	IGUAL QUE 3.17
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	EN DISEÑO 1 Medición de la Fiabilidad 2 Validación y Demostración de la Fiabilidad o de NO llegar al Requisito Especificado
<b>APLICABILIDAD PAPS24</b>	
<b>Definición y diseño</b>	
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	N
<b>En servicio</b>	

<sup>24</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **PROGRAMA DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE FIABILIDAD DURANTE LA PRODUCCIÓN**

### **PRODUCTION RELIABILITY ACCEPTANCE TEST. PRAT**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_320 PROGRAMA DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE FIABILIDAD DEL PRODUCTO
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Son Pruebas, pero que se hacen durante la fase de producción, con el objeto de eliminar la parte descendente de la curva de la bañera, para así entregar productos maduros (eliminar la mortandad infantil) y para asegurarnos de que no hay problemas en la línea de fabricación que puedan provocar que los equipos fabricados dejasen de ser fiables (control de lotes series y procesos de producción)
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-1528
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	IGUAL QUE 3.17
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	DURANTE LA PRODUCCIÓN 1 Medición de la Fiabilidad 2 Validación y Demostración de la Fiabilidad o de NO llegar al Requisito Especificado
<b>APLICABILIDAD PAPS25</b>	
<b>Definición y diseño</b>	
<b>Diseño y desarrollo</b>	N
<b>Producción</b>	C
<b>En servicio</b>	

<sup>25</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente. Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **CONTROL DE SUBCONTRATISTAS, ASPECTOS DE F/M**

### **CONTROL OF SUBCONTRACTORS F/M**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_321 VIGILANCIA/CONTROL DE SUBCONTRATISTAS Y PROVEEDORES
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Tarea esencialmente de Gestión.</p> <p>A los suministradores y subcontratistas debemos especificarles la F/M de sus suministros, requerirles la realización de Tareas de F/M (CDRL) para que dichos suministros alcancen los requisitos de F/M que les hemos impuesto.</p> <p>Debemos Revisar y Auditar su diseños y suministros, pedirles y contratarles, entregables de F/M, revisarlos, aprobarlos, suministrarles guiado, y aprobar o retener los pagos asociados, en función de su grado de avance y cumplimiento</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-785
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	<p>1 Especificación PPT, CDRL</p> <p>2 Requisitos de F/M</p> <p>3 Diseño preliminar, WBS</p> <p>4 Organigrama y Responsabilidades</p> <p>5 Requisitos contractuales de Plazos y Fechas</p> <p>6 Listas de Subcontratistas y sus SPECs, etc</p>
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Control de la F/M de los elementos que son Contribuciones de los Subcontratistas
<b>APLICABILIDAD PAPS26</b>	
<b>Definición y diseño</b>	D
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	C
<b>En servicio</b>	

<sup>26</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## FRACAS

### FRACAS, DRACAS

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_322 SISTEMA DE TOMA DE DATOS, ANÁLISIS Y ACCIONES CO-RRECTORAS
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Es un proceso, general de la empresa y a veces implica al cliente. Consiste en IDENTIFICAR fallos o deficiencias del sistema en sí y de toda su parafernalia (documentación, planos,..), NOTIFICAR dichos fallos, y establecer un sistema para revisar las notificaciones, convocar reuniones de expertos para analizar los problemas las soluciones potenciales, consecuencias y momento adecuado de implementación, discutir las y acordarlas con el cliente y posteriormente implementar aquellas mejoras y correcciones que se han considerado adecuadas en un sistema de Mejora Continua.
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-330, MIL-STD-2155
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Notificaciones de Fallos/Defectos 2 Mesa de Revisión 3 Herramienta SW de Gestión del FRACAS 4 Implementación de Mejoras y Correcciones 5 Seguimiento Resultados Ciclos PDCA
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Mejora y Aprendizaje Continuo
<b>APLICABILIDAD PAPS27</b>	
<b>Definición y diseño</b>	D
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	C
<b>En servicio</b>	

<sup>27</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente. Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **FIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD DEL SOFTWARE**

### **R/M SOFTWARE ASPECTS**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_323 SOFTWARE
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Modelización y estimación de Tasas de Fallo esperables por el SW, en equipos que lo incorporan, determinación de mejoras y correcciones de SW, herramientas, equipos, formación necesaria, SAS, etc.
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-331
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Especificación PPT, CDRL 2 Requisitos de F/M 3 Diseño preliminar, WBS 4 Arquitectura SW 5 Datos N° líneas de Código, Lenguaje, Procedimiento de Diseño SW
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Cálculo de Fiabilidad y elementos SW críticos (Drivers) 2 Fiabilidad de Misión 3 N° de Fallos y Reparaciones necesarias 4 Datos para calcular Repuestos, Soporte al SW en General
<b>APLICABILIDAD PAPS28</b>	
<b>Definición y diseño</b>	N
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	C
<b>En servicio</b>	N

<sup>28</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **INCIDENCIA DEL FACTOR HUMANO SOBRE F/M**

### **HUMAN FACTORS R/M**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_324 INCIDENCIA DEL FACTOR HUMANO SOBRE F/M
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	Análisis de la Influencia de los Factores y limitaciones Humanas en la Operación y el Mantenimiento y sus consecuencias sobre la Fiabilidad y Mantenibilidad, conceptos de Fireproofness, Failsafe, Foolproofness, Ergonomía, etc..
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-1472
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	1 Especificación PPT, CDRL 2 Requisitos de F/M, Failsafe, foolproofness, etc 3 Diseño preliminar, WBS 4 Limitaciones Ambiente y Personal de Operación y Mantenimiento 5 Amenazas Potenciales
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Limitar degradación de F/M por factores Humanos 2 Limitar daños potenciales al personal de Operación y Mantenimiento 3 Requisitos de Diseño para Diseño Failsafe, foolproofness, etc
<b>APLICABILIDAD PAPS29</b>	
<b>Definición y diseño</b>	D/C
<b>Diseño y desarrollo</b>	C
<b>Producción</b>	D/N
<b>En servicio</b>	D

<sup>29</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M

C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable

## **SEGUIMIENTO DE LA F/M DURANTE EL SERVICIO**

### **IN SERVICE R/M**

<b>REF. 1: PEFM-2 Abril 1989</b>	PÁRRAFO_325 F/M DURANTE EL SERVICIO
<b>DESCRIPCIÓN SIMPLIFICADA, PARA UNA GUÍA RÁPIDA JGR G-2</b>	<p>Seguimiento y monitorización de la F/M durante los años de iniciales despliegue.</p> <p>Mejora continua mediante FRACAS de las posibles deficiencias que influyen.</p> <p>Establecer métricas de F/M y seguimiento para la comprobación que se van obteniendo los MTBFs y MTTRS deseados o especificados o si estos varían para mejor o peor.</p> <p>Procesos de Maduración de Productos complejos.</p>
<b>REFERENCIA EN LAS US DOD NORMAS MIL</b>	MIL-STD-785
<b>DATOS NECESARIOS DE ENTRADA</b>	<p>1 Especificación PPT, CDRL</p> <p>2 Requisitos de F/M</p> <p>3 Notificaciones FRACAS Fallos aleatorios</p> <p>4 Análisis Causa Efecto y Propuestas de Mejora</p> <p>5 Selección e Implementación de Modificaciones de Mejora</p> <p>6 Seguimiento PDCA</p>
<b>SALIDAS DE LAS TAREAS</b>	1 Mejora y Aprendizaje Continuo
<b>APLICABILIDAD PAPS30</b>	
<b>Definición y diseño</b>	D
<b>Diseño y desarrollo</b>	N
<b>Producción</b>	N
<b>En servicio</b>	C

<sup>30</sup> Cada elemento de *breakdown* puede estar en una fase diferente.  
 Criterio de aplicabilidad de cada tarea iaw Phases PAPS, F/M  
 C: Crítica; N: Necesario; D: Deseable



# **Lista de Comprobación de Capacidad de Ingeniería de Fiabilidad y Mantenibilidad**

**Ref.: D2-LCF/M-G2**



Este documento ha sido elaborado por Grupo 2 (G-2, inicialmente G-14) de Fiabilidad y Mantenibilidad en Defensa. Este grupo está formado por voluntarios pertenecientes a diversas empresas participantes en el Comité de Industrias para la Defensa de la Asociación Española de la Calidad (Q-AEC).

Se agradece cualquier comentario o contribución que pueda mejorar la presente versión. Para ello, por favor dirigir las propuestas a:

D. José Gómez-Randulfe (Coordinador del G-2 de F/M)  
Tecnobit, S.L.U.  
C/ Santa Leonor 65  
Parque Empresarial Avalon  
28037 Madrid  
Teléfono: 916 617 161  
jose.gomez@tecnobit.es

O a cualquiera de los colaboradores en la elaboración del presente trabajo:

Comandante D. Ginés Ballester (MDE)  
D. Andrés García Arasanz (TECNOBIT)  
D. Juan Ballester Melero (TECNOBIT)  
D. José Ignacio Bajo Vicente (EADS-CASA)  
D. Jesús Sáez Barragán (GDSBS)  
D. Iván Jesús García (GDSBS)

Principales organismos colaboradores del G-2 de F/M del Comité de Industrias para la Defensa de la Q-AEC:

Área de Inspecciones Industriales de la DEGAM  
EADS-CASA  
GDSBS  
TECNOBIT  
(NAVANTIA, AMPER,...)

## LISTA DE PÁGINAS EFECTIVAS

El número total de páginas de esta publicación es de 28,  
consisten en lo siguiente: 10 páginas de control del  
documento y 18 páginas de capítulos y anexos.

Este documento ha sido:

	Firma	Fecha
Preparado por:	Grupo G-2 F/M [Nombre]	16/Oct./2009
Revisado por:	Coordinador G-2 [Nombre]	16/Oct./2009
Aprobado por:	Comité Defensa [Nombre]	16/Oct./2009

## HOJA DE REVISIONES

<b>Edición</b>	<b>Fecha</b>	<b>Propuesta de alteración</b>	<b>Páginas revisadas</b>
Borrador	28-10-2008	-	Documento Original G-2
01	16-10-2009	-	Incluye los Comentarios de las empresas del Comité de Defensa

## GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

ARMP	<i>Allied Reliability and Maintainability Publication –NATO–</i> . (Publicación OTAN de F/M)
CDR	<i>Critical Design Review</i> (Revisión Crítica del Diseño)
CDRL	<i>Contractor Data Requirements List</i> (Lista de Entregables de un Contrato)
DEGAM	Dirección General de Armamento y Material
COTS	<i>Commercial, off-the-shelf</i> (Elementos comerciales disponibles en el mercado)
DoD	<i>Department of Defense</i> (Departamento de Defensa)
EADS-CASA	<i>European Aeronautic Defence and Space</i> - Construcciones Aeronáuticas, Sociedad Anónima
ESS	<i>Environmental Stress Screening</i> (pruebas o cribados ambientales enfocados a descubrir debilidades de diseño o fabricación que comprometen la fiabilidad)
F/M	Fiabilidad y Mantenibilidad ( <i>R&amp;M –Reliability and Maintainability–</i> ). Son características inherentes a un diseño, condicionadas por decisiones durante el Diseño.
FMECA (AMFEC)	<i>Failure Mode Effects &amp; Criticality Analysis</i> . Mediante este análisis se pueden detectar posibles modos de fallo y el efecto que estos fallos pueden provocar tanto en el propio equipo, como externamente, dependiendo del grado e profundidad del análisis.
FPMH	Failures Per Million Hours (Fallos Por Millón de Horas)
FR	<i>Failure Rate</i> (Tasa de Fallos). Este término define la tasa de fallo del equipo, es decir, la probabilidad de que se produzca un determinado fallo HW. Suele venir expresado en FPMH.
FRACAS	<i>Failure Reporting Analysis and Corrective Action System</i>
FSED	<i>Full-Scale Engineering Development</i> (Fase de Desarrollo)
G-2	Grupo 2
G-11	Grupo 11
GDSBS	<i>General Dynamic Santa Bárbara Sistemas</i>
HW	<i>Hardware</i>
IDR	<i>Initial Design Review</i> (Revisión Inicial del Diseño)
LRU	Line-Replaceable Unit
MDE	Ministerio de Defensa Español
MIL-HDBK	<i>Military Handbooks</i>
MIL-STD	<i>Military Standard</i> . Normas del Departamento de Defensa de EEUU.
MINDEF	Ministerio de Defensa Español
MTBA	<i>Mean Time Between Actions</i> (Tiempo Medio entre Acciones de mantenimiento)

MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i> . Este valor refleja el Tiempo Medio entre Fallos a partir de la probabilidad de que éstos se produzcan. Es decir, se calcula como la inversa del valor FR.
MTRTR	<i>Mean Turn Round Time Reparation</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i> . Tiempo promedio entre reparaciones, dependiendo de los cálculos e hipótesis realizadas.
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte ( <i>NATO –North Atlantic Treaty Organization–</i> )
Q-AEC	Comité de Industrias para la Defensa de la Asociación Española de la Calidad
PALI	Plan de Apoyo Logístico Integrado
PAPS	Fases de un ciclo de vida en terminología NATO.
PDR	<i>Preliminary Design Review</i> (Revisión Preliminar del Diseño)
PECAL	Publicación Española de Calidad
PEFM	Publicación Española sobre Fiabilidad y Mantenibilidad
PGIS	Plan de Gestión de la Ingeniería de Sistemas
PGP	Plan de Gestión del Programa
PP F/M	Plan de Programación de Fiabilidad y Mantenibilidad
PPT	Pliego de Prescripciones Técnicas, en inglés la SPEC (no la DS)
RAMS	<i>Reliability and Maintainability Symposium</i>
RCIL	<i>Reliability Critical Item List</i> (Lista de Elementos Críticos por fiabilidad)
RTRT	Diversas métricas de Tiempos de Reparación. También TAT y TRT.
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
SoW	<i>Statement of Work</i> (acuerdo de Reparto de Trabajos)
SW	<i>Software</i>
TAAF	Pruebas encaminadas a medir y mejorar la fiabilidad. También RGT.
Taylorizar	(coloquial) Adaptar a nuestras necesidades, cortar a medida.
Task	Tarea, Tareas de F/M (ver Normas referenciadas). Son los Trabajos, Estudios, Pruebas y demás actividades necesarias, relativas a trabajos de Ingeniería de F/M.
US DoD	<i>US Department of Defense</i>
WBS	<i>Work Breakdown System</i> (Sistema de Desglose de Trabajos de un contrato) Procedimiento para la elaboración de paquetes de trabajo.
WS	<i>Weapon System</i> (Sistema de Armas). Fighter, Battle tank, VCI, Radar Alerta...

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Objeto y Alcance .....	1
2	DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.....	2
3	INTRODUCCIÓN A LA FIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD.....	3
4	EVALUACIÓN DE CAPACIDAD DE INGENIERÍA DE F/M .....	4
4.1	Organización de F/M.....	5
4.2	Personal de F/M Experiencia y Formación .....	6
4.3	Herramientas y Equipos de Análisis y Pruebas de F/M .....	7
4.4	Contratos con Requisitos de F/M .....	9
4.5	Planes de F/M.....	10
4.6	Estudios y Análisis de F/M .....	12
4.7	Pruebas y Demostraciones de F/M .....	15
4.8	Seguimiento y Comprobación de la F/M durante la Vida Útil Operativa.....	17
4.9	Conclusión General.....	18

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Organización de F/M .....	5
Tabla 2: Personal de F/M, Experiencia y Formación .....	6
Tabla 3: Herramientas de F/M.....	8
Tabla 4: Contratos con Requisitos de F/M.....	9
Tabla 5: Planes de F/M (Procedimiento 1).....	10
Tabla 6: Planes de F/M (Procedimiento 2).....	11
Tabla 7: Estudios y Análisis de F/M (Procedimiento 1).....	12
Tabla 8: Estudios y Análisis de F/M (FMECA (AMFEC)) .....	13
Tabla 9: Pruebas y Demostraciones de F/M (Procedimiento 1).....	15
Tabla 10: Pruebas y Demostraciones de F/M (Procedimiento 2).....	16
Tabla 11: Seguimiento y Comprobación de la F/M durante la Vida Útil Operativa (Procedimiento 1).....	17
Tabla 12: General.....	18



# 1 INTRODUCCIÓN

La presente Lista de Comprobación de Capacidad de Fiabilidad y Mantenibilidad es el resultado de la discusión de un borrador previo, realizada por expertos en Fiabilidad que participan regularmente en el G-2 de Fiabilidad y Mantenibilidad en Defensa de la Q-AEC.

## 1.1 Objeto y Alcance

Esta *Lista de Comprobación de Capacidad de Ingeniería de Fiabilidad y Mantenibilidad* es un paso adelante en la preparación de una herramienta de comprobación que permita evaluar la experiencia, capacidad y preparación de una empresa para desarrollar Programas de Fiabilidad y Mantenibilidad y para elaborar Planes de Fiabilidad y Mantenibilidad capaces de cumplir los objetivos de F/M.

Esta *Lista de Comprobación de Capacidad de Ingeniería de Fiabilidad y Mantenibilidad* se ha preparado para ser usada como ayuda para los RACs y Auditores Internos en las auditorías que se hagan en las empresas, del cumplimiento de los requisitos establecidos por la Norma PECAL 2.110 para los aspectos relacionados en su *párrafo 7.8*, que hace referencia a los Planes de Fiabilidad y Mantenibilidad.

Por otro lado, este documento sólo pretende ser una herramienta de guiado, que sirva de inspiración y sea adaptable en cada caso y por cada usuario a sus preferencias, limitaciones, necesidades y a la empresa y situación en que se pueda encontrar en cada momento, siendo por tanto susceptible de ser modificado por el usuario cuando las condiciones se lo recomienden.

Se quiere insistir que el procedimiento general presentado es solo un posible ejemplo, para identificar factores de F/M y su potencial evaluación, previa ponderación.

Dado que este procedimiento puede resultar subjetivo tanto en los aspectos evaluados como en el sistema de puntuaciones propuesto, será una responsabilidad de cada evaluador el establecer una métrica (ponderación) que sea robusta y con capacidad de discriminación, para ello al puntuar cada aspecto y pregunta concreta el auditor debe ser capaz de saber quizás no solo lo que va a puntuar en ese caso concreto sino lo que el puntuaría en el Mejor caso posible (Empresa tipo BOEING, EADS, AIRBUS,...) y en el peor caso posible (Empresita que nunca ha hecho nada de Fiabilidad) y al final del proceso de alguna manera juzgar NO solo la Capacidad sino también la Necesidad, es decir el nivel (de Ingeniería de F/M) que creemos que necesitaría tener de acuerdo a los contratos con defensa a los que se plantea acudir

Este documento no es ni una norma ni un requisito de obligado cumplimiento, sino un conjunto de recomendaciones útiles para facilitar la evaluación de la experiencia y capacidad de la Ingeniería de Fiabilidad y Mantenibilidad en una organización concreta.

## 2 DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Los documentos indicados a continuación son una buena guía de acceso público. En muchos contratos de Defensa se referencian como una guía contractual para la preparación del PP F/M y del Programa de trabajos, Tareas Seleccionadas resultante. Constituyen una ayuda inestimable cuando el contratista carece de otros procedimientos internos más adaptados y elaborados, o cuando varias empresas se ven en la necesidad de trabajar juntas y con necesidad de aplicar procedimientos comunes, en un programa cooperativo complejo como puede ser el desarrollo de cualquier Sistema de Armas (Sistemas para Defensa), *Weapon System* (WS) moderno.

- ARMP 1 a 7, *Allied Reliability and Maintainability Publication*. Normas de la OTAN de F/M.
- PEFM 0 a 5, *Publicación Española sobre Fiabilidad y Mantenibilidad*. Traducción del Ministerio de Defensa de España de las ARMPs. Publicación española de F/M.
- MIL-HDBK-338, *Electronic Reliability Design Handbook*. Manual de Diseño para Fiabilidad de Equipos Electrónicos.
- MIL-STD-721, *Definitions of Terms for Reliability and Maintainability*. Definiciones y Términos aplicables para Fiabilidad y Mantenibilidad.
- MIL-STD-781, *Reliability Testing for Engineering Development, Qualification, and Production*. Pruebas de Desarrollo, Homologación y Producción de Fiabilidad.
- MIL-STD-785, *Reliability Program for Systems and Equipment Development and Production*. Programas de Fiabilidad para Desarrollo y Producción de Equipos y Sistemas.
- MIL-STD-1543, *Reliability Program Requirements for Space and Launch Vehicles*. Programas de Fiabilidad para Vehículos Espaciales y Lanzadores.
- MIL-STD-470, *Maintainability Program for Systems and Equipment*. Programas de Mantenibilidad para Desarrollo y Producción de Equipos.
- MIL-STD-471, *Maintainability Verification/Demonstration/Evaluation*. Pruebas de Desarrollo, Homologación y Producción de Mantenibilidad.
- MIL-HDBK-217, *Reliability Prediction of Electronic Equipment*. Predicción de Fiabilidad.
- MIL-HDBK-472, *Maintainability Prediction*. Predicción de Mantenibilidad.
- MIL-STD-1629, *Procedures for Performing a Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis*. Procedimientos para la realización de un FMECA (AMFEC).
- MIL-STD-2165, *Testability Program for Electronic Systems and Equipments*. Programas de Testabilidad para Desarrollo y Producción de Equipos y Sistemas.
- SAE JA 1000, *Reliability Program Standard*, y su guía de aplicación JA 1000 -1
- SAE JA 1010, *Maintainability Program Standard*, y su guía de aplicación JA 1010 -1
- DoD: *Department of Defense*: DI-R-2114 Reportos, DI-R-7079 PP F/M, DI-R-7041 FRACAS, DI-R-7080 Status Informe, DI-R-7081 Modelos Matemáticos, DI-R-7082 Informe de Predicción, DI-R-7085 Informe de FMECA (AMFEC).
- Guía de Recomendaciones para la Elaboración de Planes de Fiabilidad y Mantenibilidad, ref. D1-GREPF/M-G2.

### **3 INTRODUCCIÓN A LA FIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD**

Las buenas características de Fiabilidad (MTBF) y Mantenibilidad (MTTR), ya sea de un sistema en general o de un equipo concreto, son fundamentales a la hora de calificar la satisfacción por su usuario durante la vida operativa y de evaluar la calidad de dicho equipo.

Tienen además gran influencia en los costes de mantenimiento de un sistema/equipo. En primer lugar por su influencia en los costes de reparación cuando éste ha fallado, dado que por un lado el MTBF determina el número de fallos que se producen durante la vida útil y por otro lado el MTTR condiciona los costes de cada reparación. Además de otros costes logísticos asociados, correspondientes a transportes, personal, formación, repuestos, equipos de apoyo, etc.

Es muy importante tener en cuenta también los costes, mucho mayores, que suelen estar asociados a la indisponibilidad de un equipo o sistema, ya sea visto como herramienta de producción (un avión de transporte que se retrasa o queda inutilizado en tierra) o la que en términos de evitar costes de destrucción, y ahorro de vidas humanas, puede representar un sistema militar similar.

Conscientes de esta realidad, las organizaciones militares cada vez dan más importancia a exigir a los suministradores la aplicación de las normas ARMP NATO R&M y a imponer y exigir cada vez más características y requisitos de F/M a los equipos que adquieren. Por lo tanto están realizando un esfuerzo de traducción, y adaptación a sus propias necesidades y a la idiosincrasia nacional, de las normativas OTAN que contemplan y definen dichos aspectos, generando las PEFM (Publicaciones Españolas de Fiabilidad y Mantenibilidad) correspondientes.

Por otro lado, las características intrínsecas de F/M de un equipo o sistema no son consecuencia del mero azar, sino que son el resultado de la aplicación seria, sistemática y disciplinada de una serie de actividades contenidas dentro de una rama concreta de la ingeniería denominada Ingeniería de Fiabilidad y Mantenibilidad (Ing. de F/M). Estas Tareas son realizadas por expertos en la materia, trabajando como parte de las organizaciones de desarrollo y producción y de acuerdo a procedimientos adecuados, es decir mediante la aplicación de lo que se denomina Ingeniería de Sistemas.

A la vista de lo anterior, se puede evaluar la experiencia y capacidad de una organización en general o de una empresa en particular, de forma que nos podemos hacer una idea, evaluar o medir, su capacidad o el esfuerzo necesario para abordar con garantías de éxito un programa de adquisición que implique requisitos de F/M.

## 4 EVALUACIÓN DE CAPACIDAD DE INGENIERÍA DE F/M

De acuerdo a la Filosofía de las Normas OTAN (ARMP-x, desde la 1 a la 7) hay varios aspectos que pueden ser evaluados:

1. Organización de F/M
2. Personal de F/M Experiencia y Formación
3. Herramientas y Equipos de Análisis y Pruebas de F/M
4. Contratos con Requisitos de F/M
5. Planes de F/M
6. Estudios y Análisis de F/M
7. Pruebas y Demostraciones de F/M
8. Seguimiento y Comprobación de la F/M durante la Vida Útil Operativa
9. Otros

Cada uno de estos aspectos puede ser evaluado mediante la aplicación de un cuestionario (*checklist*) como el que recoge el presente documento. El sistema de puntuación, el peso relativo que se le dé a las diversas preguntas dentro de cada aspecto y el peso conjunto de cada aspecto se definen en el presente documento como una referencia para el evaluador. En todo caso no debe considerarse como un sistema único, pudiendo el evaluador modificarlo de acuerdo a sus necesidades.

Las únicas limitaciones al establecimiento o modificación de un sistema de puntuación y ponderación son las derivadas de establecer un sistema que resulte discriminatorio y robusto.

Es responsabilidad del auditor, no sólo el evaluar la capacidad en ingeniería de F/M de la organización, sino también juzgar la necesidad que de ella tiene para abordar satisfactoriamente un contrato determinado, y así concluir si es suficiente o si sería necesario que la organización haga un esfuerzo de mejora y adaptación para limitar los riesgos de no cumplir sus objetivos.

**NOTA:** En los cuestionarios que aparecen a continuación, la puntuación "0" representa que no se ha realizado la tarea descrita o que no se dispone de la documentación referenciada en esa tarea.

## 4.1 Organización de F/M

De forma preliminar se identifican los siguientes aspectos para evaluar la organización particular de F/M dentro de una organización general. Estos aspectos se pueden revisar, comprobar y puntuar entre 0 y 5, por ejemplo. La evaluación se hará de acuerdo a las respuestas del auditado y a la documentación presentada, a la confianza que nos merezcan sus respuestas, y a otros aspectos que se deberán puntuar y juzgar de acuerdo a la experiencia del auditor.

**Tabla 1: Organización de F/M**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
Org. 1	Hay en la empresa un Departamento/Grupo de F/M	0 a 5	Sí= 5/No= 0
Org. 2	Es independiente de Ingeniería de Diseño	0 a 5	Es deseable que sea Independiente
Org. 3	Es independiente de Ingeniería de Producción	0 a 5	Es deseable que sea Independiente
Org. 4	Tiene formalmente definidas sus Funciones y Objetivos (Están establecidos verbalmente o por escrito los Objetivos y Funciones)	0 a 5	Es deseable que así sea y por escrito
Org. 5	Aparece explícitamente en el Organigrama de la Empresa	0 a 5	Es deseable que así sea y por escrito
Org. 6	Considera que el grupo de F/M dispone de la autonomía y autoridad suficiente para asegurar el cumplimiento de los Objetivos asignados	0 a 5	Juicio del auditor, basándose en actas de revisiones, etc.
Org. 7	Dispone, conoce y aplica alguna Normativa F/M (A, R, M, T, FS) de empleo habitual <sup>1</sup> :	0 a 5	
	ARMPs OTAN, de la 1 a la N		
	PEFM Defensa España		
	MIL-STD, US DoD		Hay muchas de F, M, T y FS
	SAEs		
	Procedimientos EF, Airbus, NASA, ESA, Otros		
	Procedimientos internos propios		
<b>Total Org. Y Normas</b>	<b>Evaluación de la existencia de una Organización y de sus niveles de autoridad en la empresa</b>	<b>De 1 a 35</b>	

<sup>1</sup> Cuanta más normativa mejor, pero no sólo tenerla en formato papel y/o electrónico, que es más útil para trabajar, sino que es muy importante evaluar el conocimiento que de ellas tienen y la aplicación que hacen habitualmente.

## 4.2 Personal de F/M Experiencia y Formación

De forma preliminar se identifican los siguientes aspectos relativos al personal que se pueden revisar, comprobar y puntuar entre 0 y 5, por ejemplo.

**Tabla 2: Personal de F/M, Experiencia y Formación**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
Per. 1	Hay un Jefe del Departamento (Grupo de trabajo de F/M)	0 a 5	Sí= 0/No= 5
Per. 2	Titulación	0 a 5	De acuerdo al tipo de productos que desarrolla o fabrica el suministrador
Per. 3	Formación Complementaria en Ingeniería de F/M, por ejemplo cuántos Cursos, Títulos, Horas	0 a 5	De 0 (ninguno) hasta un máximo de 5 (para 250 horas lectivas teóricas en F/M) suele haber certificados, dependiendo de la confianza que nos dé el organismo emisor
Per. 4	Años de Experiencia " <i>Training on the Job</i> ", trabajando en F/M	0 a 5	De 0 a 5 (para unos 8 años)
Per. 5	En cuántos Programas completos con requisitos de F/M ha trabajado	0 a 5	De 0 a 5 (para unos 4 programas)
Per. 6	Para cuántos clientes diferentes (aportan formación y experiencia)	0 a 5	De 0 a 5 (para unos 4 Clientes)
Per. 7	Con cuantos Socios Tecnológicos ( <i>Partners</i> ) diferentes (aportan formación y experiencia)	0 a 5	De 0 a 5 (para unos 4 Socios)
	<b>NOTA:</b> Se recomienda hacer lo mismo con el resto del personal del Departamento de F/M, uno por uno o hacer una evaluación Global		Tantas personas con cuantos años totales. Por encima de una cierta cantidad cubren más capacidad de producción
<b>Total Per.</b>	<b>Evaluación de Conocimientos Teóricos y experiencia real de trabajo en Programas de F/M</b>	<b>1 a 35</b>	

### **4.3 Herramientas y Equipos de Análisis y Pruebas de F/M**

Para medir las inversiones y activos disponibles en una empresa, con respecto a las herramientas de análisis y equipos de prueba de ingeniería de F/M, de forma preliminar se identifican los siguientes aspectos que se pueden revisar, comprobar y puntuar entre 0 y 5, por ejemplo, de acuerdo a las siguientes aspectos.

Dado el coste de las inversiones así como su posterior mantenimiento, puede ser un buen indicador del compromiso de la dirección de la empresa con los objetivos de la F/M.

De acuerdo al tipo de equipos diseñados y producidos, comprobar si en la empresa hay herramientas para ayudar a hacer Diseño para F/M. Evaluación parcial, en base a las herramientas disponibles, de la capacidad de la empresa para realizar estudios y análisis de F/M y pruebas de F/M.

La disposición o existencia de Cámaras de pruebas de Fiabilidad (Cámaras con capacidad de realizar ensayos de aplicación de Vibración, Temperatura y Humedad combinadas) para realizar pruebas Fiabilidad adecuadas es una parte de la evaluación. Otros aspectos que se deben tener en cuenta conjuntamente con la existencia de estas cámaras, y que por lo general forman parte del sistema de calidad de la empresa, deben ser: la existencia de procedimientos escritos, la existencia de registros de datos de fallo y reparaciones y, principalmente, la existencia de evidencias de propuestas de mejora del diseño y de la inclusión de esos requisitos derivados en el diseño base (mejora continua).

**Tabla 3: Herramientas de F/M**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
	<b>Hay en la Empresa herramientas informáticas y personal formado para realizar las siguientes tareas de Fiabilidad y Mantenibilidad</b>		
Her. 1	Análisis de Esfuerzos Mecánicos, Térmicos y/o de Esfuerzos eléctricos ( <i>Derating, Pot, Volt, Int, Fan-In/Out</i> )	0 a 5	Si/No, Cuántas hay, son herramientas comerciales o de desarrollo interno (Excel), están homologadas por algún DoD, son la implementación, automatizada de aplicación de algún Std,...
Her. 2	Modelización, Predicción y Análisis de Fiabilidad	0 a 5	
Her. 3	Modelización, Predicción y Análisis de Mantenibilidad	0 a 5	
Her. 4	Análisis de Modos de Fallo, de sus Efectos y Criticidad (FMECAS)	0 a 5	
Her. 5	Modelización, Predicción y Análisis de Testabilidad (catálogo de fallos)	0 a 5	
Her. 6	Safety Analysis (árboles de fallos, árboles de eventos)	0 a 5	
Her. 7	Análisis zonal y RCM	0 a 5	
	<b>Hay en la empresa cámaras, equipos y herramientas para hacer pruebas y personal formado para realizar las siguientes tareas de Fiabilidad y Mantenibilidad</b> Las cámaras pueden ser hornos para realizar choques térmicos y pruebas de los procesos de soldadura en producción hasta otras más complejas que deben ser capaces de programar y aplicar ciclos combinados de temperatura, humedad y vibraciones sobre un equipo, o varios simultáneamente, con aplicación de ciclos ON/OFF de funcionamiento		
Cam. 1	Eliminación de la <i>mortalidad Infantil</i> y mejora de la fiabilidad durante el Desarrollo ( <i>Burn-In</i> ) Inercias térmicas y análisis de ejes más sensibles a las vibraciones y frecuencias propias ( <i>Thermal and Vibration Surveys</i> )	0 a 5	
Cam. 2	Pruebas de eliminación de la <i>mortalidad Infantil</i> y aseguramiento de la Fiabilidad en la línea de Producción (PRAT – <i>Production Reliability Assurance Tests</i> –)	0 a 5	
Cam. 3	Pruebas de <i>Environmental Stress Screening</i> (ESS), cribados para medir la fiabilidad	0 a 5	
Cam. 4	Pruebas de mejora de la fiabilidad (TAAF-RGT – <i>Reliability Growth Tests - Test Analysis And Fix</i> –)	0 a 5	
<b>Total Her. y Cam.</b>	<b>Evaluación de las Herramientas y Cámaras de Pruebas para F/M</b>	<b>0 a 55</b>	

## 4.4 Contratos con Requisitos de F/M

Una empresa en general puede disponer de un departamento de F/M con los objetivos que la dirección le quiera asignar, por lo general desarrollar y producir equipos fiables y mantenibles. En muchas ocasiones estos departamentos se establecen como respuesta a la exigencia de un cliente determinado.

La experiencia de haber trabajado en programas reales, nacionales o internacionales, así como el historial asociado de revisiones de diseño y de revisiones de planes y estudios y pruebas de F/M y sobre todo su revisión y aprobación, realizadas por un Cliente exigente y de elevada capacidad tecnológica, suele ser un indicador muy relevante de la capacidad real.

De forma preliminar se identifican los siguientes aspectos que se pueden revisar, comprobar y puntuar entre 0 y 5, por ejemplo.

**Tabla 4: Contratos con Requisitos de F/M**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
Cont. 1	Tiene la empresa en este momento, o ha tenido, contratos con requisitos de F/M	0 a 5	Si= 1-5/No= 0, cuantos más tenga o haya tenido, más alto se puntuará
Cont. 2	Tiene la empresa en este momento, o ha tenido, contratos con requisitos de F/M con el Ministerio de Defensa de España	0 a 5	Evaluar si conoce la normativa PEFM y principalmente si sus estudios han sido aprobados por la autoridad de F/M
Cont. 3	Si los tiene (en cualquier caso) puede mostrarse la (o las) parte(s) del contrato en la que se establecen los requisitos de F/M y sus subtipos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar requisitos, umbrales, objetivos, deseos (se han identificado)</li> <li>• Hay requisitos cualitativos</li> <li>• Hay requisitos cuantitativos (MTBF, MTTT, etc.)</li> </ul>	0 a 5	Revisión de un contrato, especificación PPT, PTS
Cont. 4	Hay requisitos de análisis de F/M	0 a 5	Puede estar en algún anexo al PPT o en otros documentos contractuales
Cont. 5	Hay requisitos de pruebas, demostraciones o mediciones de F/M	0 a 5	
Cont. 6	Hay requisitos de entrega de documentación formal (CDRL – <i>Contractor Data Requirement List</i> –) de F/M	0 a 5	
Cont. 7	Se ha realizado una matriz de especificación verificación	0 a 5	Por lo general sólo si se requiere
Cont. 8	Los aspectos de F/M son objeto de revisión formal (IDR, PDR, CDR,...)	0 a 5	Si/No, hay evidencias de Revisión
Cont. 9	Hay requisitos de normativa y/o procedimientos para la realización de la documentación formal de F/M y análisis y estudios entregables (CDRL)	0 a 5	Si/No y cuáles
<b>Total Cont.</b>	<b>Evaluación de la existencia de un contrato con requisitos de F/M</b>	<b>0 a 45</b>	

## 4.5 Planes de F/M

Un Plan de F/M es un documento de gestión, y por lo tanto un documento vivo que puede ir cambiando al avanzar el programa y que puede hacer énfasis en diferentes puntos:

- Qué se va hacer
- Cuáles son los objetivos
- De acuerdo a qué procedimientos y normativas
- Porqué
- Cuándo
- Cómo
- Quién y con qué niveles de autoridad
- etc.

La AEC, a través de su grupo de trabajo G-2 (Grupo de Fiabilidad y Mantenibilidad), ha editado una *Guía de Recomendaciones para la Elaboración de Planes de Fiabilidad y Mantenibilidad*, ref. D1-GREPF/M-G2.

En el Plan de F/M se identifican los objetivos de los trabajos a realizar, la organización, los trabajos y sus alcances y el nivel de profundidad requerido, así como la planificación, etc.

Procedimiento 1: De forma preliminar y simplificada se identifican los siguientes aspectos que se pueden revisar, comprobar y puntuar entre 0 y 5, por ejemplo.

**Tabla 5: Planes de F/M (Procedimiento 1)**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
Plan 1	Se ha realizado algún Plan de F/M	0 a 5	Sí/No, revisar
Plan 2	Se ha enviado a la autoridad de F/M del Programa	0 a 5	Sí/No
Plan 3	La autoridad de F/M del Programa, ¿lo ha aprobado?	0 a 5	Sí/No

Procedimiento 2: De una forma más completa, si el Procedimiento 1 no ha resultado satisfactorio o si se considera adecuado revisar en detalle un Plan de F/M se puede evaluar:

**Tabla 6: Planes de F/M (Procedimiento 2)**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
Plan 1	Se ha realizado algún Plan de F/M	0 a 5	Sí= 1-5 / No= 0, revisar
Plan 2	Se identifican claramente los objetivos	0 a 5	
Plan 3	Se identifican las organizaciones y responsables tanto en el suministrador como en el cliente o interlocutores y autoridad de F/M	0 a 5	
Plan 4	Se identifican líneas o caminos de intercambio de información y otras diferentes para las comunicaciones contractuales	0 a 5	
Plan 5	Se analizan los aspectos de F/M y de programa y las características de F/M de los equipos objeto del Programa de adquisición, cuáles son los <i>drivers</i> y fases PAP y su capacidad de modificación	0 a 5	
Plan 6	Se identifican los requisitos cualitativos	0 a 5	
Plan 7	Se identifican los requisitos cuantitativos (MTBF, MTTT, ...)	0 a 5	
Plan 8	Se identifican los requisitos de análisis de F/M que hay que hacer. Es decir, qué estudios de F/M y cuáles son sus <i>inputs</i> y quién los suministra y sus <i>outputs</i> y para que servirán (Tarea por Tarea de acuerdo a la ARMP-7)	$(0 a 5) * N^2$	Se suele incluir en este punto la tabla de decisión de qué estudios hay que realizar y a qué elementos atañen (Taylorización)
Plan 9	Se identifican los requisitos de pruebas, demostraciones o mediciones de F/M	0 a 5	
Plan 10	Se identifican los requisitos de entrega de documentación formal (CDRL) de F/M	0 a 5	
Plan 11	Se identifican los plazos y fechas	0 a 5	
Plan 12	Se identifican los hitos de F/M Revisión Formal (IDR, PDR, CDR,...)	0 a 5	
Plan 13	El plan está sujeto a revisión y/o aprobación por el cliente, comprobar si se va actualizando el plan al ir avanzando el programa y cambiando las circunstancias	0 a 5	
Plan 14	Se definen procedimientos de intercambio de información en fechas o períodos concretos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el programa (Planificación <i>Schedule</i>)</li> <li>• Para los aspectos de F/M del Diseño</li> </ul>	0 a 5	
<b>Total Plan</b>	<b>Evaluación de la existencia de un Plan de un Programa de Trabajos de F/M</b>	<b>De 0 a 70 ó más</b>	Depende del Nº de tareas F/M aplicables

<sup>2</sup> Siendo N el número de tareas F/M aplicables.

## 4.6 Estudios y Análisis de F/M

Si la empresa evaluada en el 4º aspecto declara que ha hecho estudios y análisis de F/M, estos son a su vez susceptibles de revisión y análisis, de las dos formas una simplificada y otra más detallada, estudio por estudio.

Procedimiento 1: De forma simplificada podría ser:

**Tabla 7: Estudios y Análisis de F/M (Procedimiento 1)**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
Est. y An. 1	Pedir una lista de todos los programas en los que ha hecho estudios y análisis de F/M	0 a 5	Sí= 1-5/No= 0, cuantos más tenga o haya tenido más alto se puntuará
Est. y An. 2	Para uno y/o cada programa, pedir una lista de todos los análisis que debiera hacer de acuerdo al Plan de F/M o en su defecto de los realizados	0 a 5	Sí/No, cuantos más tenga o haya tenido más alto se puntuará
Est. y An. 3	Para un análisis determinado de un programa determinado comprobar si ha sido revisado y aprobado por la autoridad de F/M del Programa (Oficina del Programa)	0 a 5	Si han sido revisados y aprobados por la Autoridad de F/M se puntuará más alto

Procedimiento 2: De forma más elaborada, si el procedimiento 1 no ha resultado satisfactorio, se puede evaluar un Estudio/Análisis concreto atendiendo a los siguientes aspectos que se pueden revisar, comprobar y puntuar entre 0 y 5.

Por ejemplo, para uno de ellos, en concreto el FMECA (AMFEC), se pueden evaluar los siguientes aspectos que lo definen:

**Tabla 8: Estudios y Análisis de F/M (FMECA (AMFEC))**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
Est. y An. 1	Está realizando la empresa en este momento, o ha realizado FMECA (AMFEC)	0 a 5	Sí= 1-5/No= 0, cuantos más tenga o haya tenido más alto se puntuará
Est. y An. 2	¿Están hechos de acuerdo al Plan de F/M? ¿Están hechos de acuerdo a la Normativa MIL-STD-1629 u otra similar?, ¿cuál?	0 a 5	Revisión de un Contrato Especificación Plan de F/M y FMECA (AMFEC)
Est. y An. 3	¿Cuál es el tipo de FMECA (AMFEC) y porqué?	0 a 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso, Sistema, Equipo</li> <li>• Hardware, Funcional, Mixto</li> <li>• Cuantitativos Cualitativo</li> </ul>
Est. y An. 4	¿Cual es el nivel de detalle?	0 a 5	Interfaz LRU, SRU, FB, Hardware,...
Est. y An. 5	¿Se analizan <i>Inputs</i> y <i>Outputs</i> o sólo <i>Outputs</i> y porqué?	0 a 5	Depende de la aplicación posterior como arma para mejora de Fiabilidad y Mantenibilidad o para otras aplicaciones como Testabilidad, LSA y Seguridad
Est. y An. 6	Se ha realizado un análisis de Criticidad	0 a 5	Por lo general sólo si se requiere
Est. y An. 7	Se han hecho sumarios parciales a nivel de SRU, LRU, Equipo	0 a 5	Sí/No, hay evidencias
Est. y An. 8	Se han identificado requisitos derivados, acciones compensatorias, mejoras del diseño para incrementar su Fiabilidad y Mantenibilidad	0 a 5	Sí/No y cuáles, <i>Fail-Safe</i>
<b>Total Est. y An.</b>	<b>Evaluación de los estudios concretos de F/M (FMECA (AMFEC))</b>	<b>De 0 a 40</b>	

La AEC, a través de su grupo de trabajo G-2 (Grupo 2 de Fiabilidad y Mantenibilidad en Defensa), ha editado una *Guía de Recomendaciones para la Elaboración de Planes de Fiabilidad y Mantenibilidad*, ref. D1-GREPF/M-G2. En el Anexo C de este documento, aparece una tabla referenciada con las 30 tareas F/M más comunes, a las que se puede aplicar un *checklist* análogo al descrito en el procedimiento 2 de este apartado.

Las tareas más comunes se listan a continuación:

- Efectos de las Condiciones Ambientales sobre la F/M
- Ciclos de Servicio
- Efectos de las Procesos sobre la F/M
- Modelización de la F/M
- Reparto de Requisitos de F/M
- Predicciones de F/M
- FMEA, FMECA (AMFEC), FMES, AMFEC

- MEA Análisis de Ingeniería de Mantenimiento
- Diseño para F/M
- Evaluación de Alternativas de F/M
- Listas de elementos Críticos para F/M
- Análisis de Elementos con vida Limitada
- GFE Equipos suministrados por el Gobierno
- Revisiones de F/M
- Procedimiento y análisis de resultados de Cribados de F/M
- Procedimiento y análisis de resultados de Pruebas para mejora de la F/M
- Procedimiento y análisis de resultados de Pruebas para la certificación de la F/M
- Procedimiento y análisis de resultados de Demostraciones de F/M
- Procedimiento y análisis de resultados de Pruebas de control de la Fiabilidad en Producción
- Control de Subcontratistas
- Mejora continua de F/M FRACAS, DRACAS
- Análisis de F/M del SW
- Árboles de Fallos
- Procedimiento y análisis de resultados de Fiabilidad de Sistemas en Servicio, control seguimiento
- Análisis de la Influencia de Factores Humanos sobre la F/M
- Otros

## 4.7 Pruebas y Demostraciones de F/M

Si la empresa evaluada en el 4º aspecto declara que ha hecho pruebas y demostraciones de F/M, estas son a su vez susceptibles de revisión y análisis, mediante las siguientes formas de estudio.

Procedimiento 1: De forma simplificada podría ser:

**Tabla 9: Pruebas y Demostraciones de F/M (Procedimiento 1)**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
Pru/Dem. 1	Pedir una Lista de todos los programas en los que ha hecho pruebas y demostraciones de F/M	0 a 5	Sí= 1-5/No= 0, cuantos más tenga o haya tenido más alto se puntuará
Pru/Dem. 2	Para uno y/o cada programa, pedir una lista de todas las pruebas que debería hacer de acuerdo al Plan de F/M o, en su defecto, de las pruebas realizadas	0 a 5	Sí/No, cuantos más tenga o haya tenido más alto se puntuará
Pru/Dem. 3	Para una pruebas, y/o demostración determinada de un programa determinado, comprobar si ha sido revisado y aprobado por la autoridad de F/M del Programa (Oficina del Programa)	0 a 5	Si han sido revisados y aprobados por la Autoridad de F/M se puntuará más alto

Procedimiento 2: De forma más elaborada, se puede evaluar una Prueba/Demostración analizando por ejemplo los siguientes aspectos que se pueden revisar, comprobar y puntuar entre 0 y 5, por ejemplo. Para uno de ellos, en concreto BURN-IN, se pueden evaluar los siguientes aspectos:

**Tabla 10: Pruebas y Demostraciones de F/M (Procedimiento 2)**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
Pru/Dem. 1	¿Existen en la empresa procedimientos de prueba disponibles?	0 a 5	Sí/No, cuantos más tenga o haya tenido más alto se puntuará
Pru/Dem. 2	De los procedimientos de prueba disponibles en la empresa: ¿Están hechos de acuerdo al Pan de F/M? ¿Están hechos de acuerdo a la Normativa MIL-STD-TBC u otra similar? ¿Cuál?	0 a 5	Revisión de un Contrato Especificación Plan de F/M y FMECA (AMFEC)
Pru/Dem. 3	¿Está realizando la empresa en este momento, o ha realizado pruebas BURN-IN en Desarrollo?	0 a 5	Sí= 1-5/No= 0, cuantos más tenga o haya tenido más alto se puntuará
Pru/Dem. 4	¿Cual es el objeto de este Burn-In? ¿Cómo se definen los ciclos de Carga?	0 a 5	Lo suele definir el cliente en el PPT o hace referencia a la MIL-STD-810 o similar
Pru/Dem. 5	¿Se han medido las Inercias Térmicas?	0 a 5	LRU
Pru/Dem. 6	¿Se analizan e identifican los ejes más sensibles a Vibración?	0 a 5	
Pru/Dem. 7	¿Se aplican vibraciones sinusoidales o aleatorias y con qué niveles de intensidad y durante cuanto tiempo? Perfiles	0 a 5	Por lo general sólo si se requiere
Pru/Dem. 8	¿Se tienen en cuenta los perfiles y niveles de aplicación de humedad durante los ciclos?	0 a 5	
Pru/Dem. 9	Perfiles de los ciclos de funcionamiento ON/OFF del equipo sometido a BURN-IN	0 a 5	
Pru/Dem. 10	¿Gradientes de temperatura y choques térmicos aplicados y por qué?	0 a 5	
Pru/Dem. 11	¿Hay un procedimiento de qué acciones se llevan a cabo en caso de fallo?	0 a 5	
Pru/Dem. 12	¿Hay un registro de fallos y su análisis preliminar?	0 a 5	
Pru/Dem. 13	¿Hay un informe de fallos mensual (o trimestral) de resultados de BURN-IN?	0 a 5	Verlo y revisarlo
Pru/Dem. 14	Se han identificado requisitos derivados, acciones compensatorias, mejoras del diseño para incrementar su Fiabilidad y Mantenibilidad	0 a 5	Sí/No y cuáles, <i>Fail-Safe</i>
<b>Total Pru/Dem.</b>	<b>Evaluación de los estudios concretos de F/M (aquí un BURN-IN en desarrollo, pero pueden ser muchos diversos estudios )</b>	<b>De 0 a 70</b>	

De acuerdo a la ARMP-2 y a sus traducciones, adaptaciones, del Ministerio de Defensa Español (PEFM) puede hacerse esta misma tabla (BURN-IN a modo de ejemplo) adaptada a otras muchas pruebas/demostraciones de F/M, por Ejemplo:

- ESS Cribado de F/M
- Demostración de F/M

- PRAT, F/M
- RGT, TAAF, F/M

## 4.8 Seguimiento y Comprobación de la F/M durante la Vida Útil Operativa

Todas las empresas en sus procesos normales de Mejora Continua y, más aún, en el caso de ser objeto de un contrato de soporte y mantenimiento industrial (reparaciones y mantenimiento contratados) deben establecer un sistema FRACAS (o similar) de intercambio de información con sus clientes y Monitorización del comportamiento de todos los aspectos y en concreto de los de F/M de sus equipos en el uso real diario.

Procedimiento 1: De forma preliminar se identifican los siguientes aspectos que se pueden revisar, comprobar y puntuar entre 0 y 5, por ejemplo de acuerdo a:

**Tabla 11: Seguimiento y Comprobación de la F/M durante la Vida Útil Operativa (Procedimiento 1)**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
FRACAS 1	La empresa tiene implementado un sistema FRACAS de acuerdo a MIL-STD-2155 u otra norma Militar	0 a 5	Sí o No
FRACAS 2	La empresa tiene implementado un sistema FRACAS de acuerdo a procedimientos internos propios	0 a 5	
FRACAS 3	El Procedimiento está en línea con alguno MIL o similar	0 a 5	
FRACAS 4	Se puede presentar y obtener copia para revisar el procedimiento	0 a 5	
FRACAS 5	Hay algún o algunos equipos para los que se esté aplicando dicho procedimiento	0 a 5	
FRACAS 6	La empresa tiene institucionalizada una FRB (Comité de revisión de Fallos)	0 a 5	
FRACAS 7	¿Quiénes forman parte de dicho comité?	0 a 5	
FRACAS 8	Hay responsables y expertos de F/M formando parte de dicho comité	0 a 5	
FRACAS 9	Hay responsables y expertos de ILS formando parte de dicho comité	0 a 5	
FRACAS 10	Es posible ver algún caso en que las Notificaciones de Fallos conduzcan a una Propuesta de Mejora y que ésta cristalice en una Mejora ya sea del Producto o de alguno de sus elementos de Apoyo	0 a 5	
<b>Total FRACAS</b>	<b>Evaluación de la existencia de un sistema FRACAS orientado a la F/M</b>	<b>0 a 50</b>	

## 4.9 Conclusión General

Una vez que se han analizado, evaluado y puntuado cada uno de los 8 aspectos que se han definido, basados en la experiencia y en la confianza que el Suministrador a evaluar merezca, se puede obtener una puntuación general ya sea dando un peso diferente o igual a cada uno de los aspectos, según el interés y el aspecto que se quiera resaltar.

De forma preliminar se decide puntuar entre 0 y 10 cada uno y con igual ponderación para todos (por ejemplo).

Para evaluar mejor los resultados se puede hacer el ejercicio de suponer en primer caso las respuestas que se recibirían en el caso de la mejor de las empresas potenciales en F/M (Boeing, EADS, etc.) y ver que puntuación obtendrían. Puede haber varios casos como serían un proyecto complejo (un motor) o un proyecto sencillo (un actuador, por ejemplo). Se puede así estimar una puntuación máxima y adaptada para según qué tipo de proyectos. Se puede repetir el ejercicio para una empresa que no ha hecho nada ni tiene capacidad ninguna en F/M y obtener una puntuación potencial mínima.

De la misma forma y a la vista de un contrato concreto con unos requisitos y entregables determinados se puede hacer un ensayo para ver todo lo que sería deseable para una empresa genérica.

Al hacerlo para una empresa concreta se puede situar entre el máximo y el mínimo y evaluar una puntuación general, comparar entre empresas similares, es decir discriminar e identificar aspectos de mejora potencial de la ingeniería de F/M.

**Tabla 12: General<sup>3</sup>**

Nº de Ref.	Aspecto	Puntuación	Notas
GEN 1	Organización de F/M	0 a 10	Adaptar, Adimensionalizar
GEN 2	Personal de F/M experiencia y formación	0 a 10	
GEN 3	Herramientas de F/M	0 a 10	
GEN 4	Contratos con requisitos de F/M	0 a 10	
GEN 5	Planes de F/M	0 a 15	
GEN 6	Estudios y análisis de F/M	0 a 20	
GEN 7	Pruebas y demostraciones de F/M	0 a 15	
GEN 8	Seguimiento y comprobación de la F/M durante la vida útil operativa	0 a 10	
<b>Total GEN</b>	<b>Evaluación GENERAL</b>	<b>0 a 100</b>	

<sup>3</sup> Esta tabla de ponderación es una sugerencia