

LOGICA Y CONFIABILIDAD APLICADAS EN MANTENIMIENTO DE SISTEMAS

Por

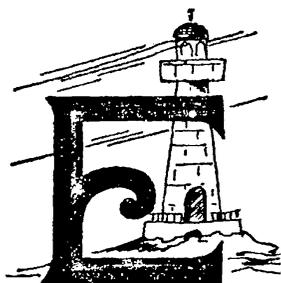
Pedro P. ARANCIBIA Solar

Teniente 1º I. EL.

Master of Science Aeroelectronics (Monterey USA)

Aeronautical Engineer (Monterey USA.)

Armada de Chile



EL ALTO costo operacional, material y humano que significan Las reparaciones, y mantenimiento periodica de sistemas (electronicos, mecanicos, etc.), se debe en gran medida a los intervalos demasiado frecuentes entre mantenimientos programados, inspecciones mayores y "overhauls", y a la tendencia natural en todos los niveles del personal de mantenimiento a hacer "demasiado" sin saber "cuanto es "suficiente".

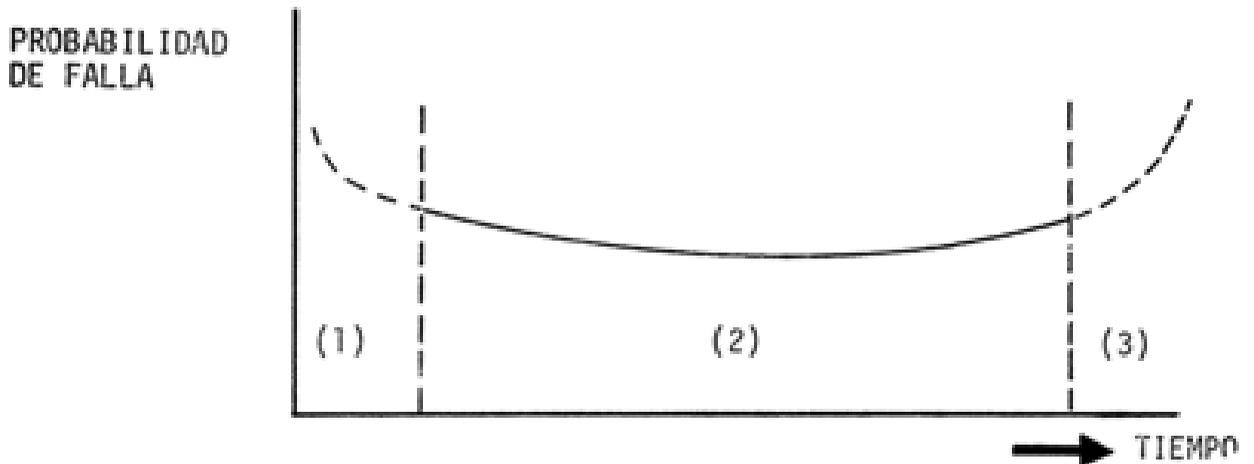
Aun cuando se esta haciendo cada dia mas evidente el hecho concreto de que el "overhaul" de una maquina o de un sistema que esta operando bien, normalmente reduce su confiabilidad en vez de aumentarla, el hecho esta aun muy lejos de ser universalmente aceptado. Por el contrario, parece muy natural pensar que aun no siendo necesario efectuar mantenimiento programado y "overhaul" cada cierto periodo de tiempo, esto sirve como un "seguro" contra fallas durante un nuevo lapso de operacion.

Efectos Edad-Confiabilidad

Como punto de partida es aceptable considerar que la confiabilidad se deteriora con el tiempo. Con esto se quiere decir que para cualquier componente, equipo o sistema electrico o mecanico, puede esperarse que a medida que aumenta su tiempo de uso u operacion se alcance finalmente un estado en el cual sus probabilidades de falla sean de un ciento por ciento. El factor importante es determinar el momento en el cual las probabilidades de falla alcanzan un valor inaceptable y la forma o trayectoria en que se llega a este punto.

El modelo clasico con una aplicacion casi universal de la relacion edad-confiabilidad puede ser expresado en una simple curva.

La teoria basica es que al comienzo de la vida de operacion de un componente existe un periodo con probabilidades de falla muy elevadas (mortalidad infantil), generalmente causada por defectos inherentes al material o a un error en el dise-



no. (Region 1). La region siguiente de la curva (2) es un periodo bastante largo con una probabilidad de falla constante o casi constante. Esta region es seguida por una tercera parte de la curva en donde nuevamente las probabilidades de falla aumentan progresivamente hasta que finalmente se alcanza un punto en que las posibilidades de que se presente un defecto son de un ciento por ciento.

Todos los componentes y sistemas exhiben en alguna forma características de estas tres regiones, aun cuando las curvas individuales de cada uno de ellos pueden tener diferentes pendientes o la distancia en tiempo entre las regiones puede variar.

Se pueden entonces establecer en forma mas o menos categorica algunos conceptos para los componentes que exhiben las características descritas:

- 1.— Si se remueve, reemplaza, se efectúan inspecciones mayores u "overhaul" sobre un tem que esta operando satisfactoriamente en la region (1), el resultado sera una disminucion en la confiabilidad de ese componente y del sistema que integra. Esto ocurre porque el tem nuevo o el antiguo "overholeado" debe comenzar su vida operacional nuevamente en el punto de la region (1) de la curva, en donde las probabilidades de falla son mas altas.
- 2.— Si un componente operando satisfactoriamente es removido, reemplazado o sometido a mantenimiento mientras se encuentra operando en la region (2), se producira automa-

ticamente una reduccion en la confiabilidad. La sustitucion o mantenimiento mayor en esta fase de operacion es generalmente innecesaria e incluso puede ser perjudicial.

- 3.— Si un componente exhibe el comportamiento de la region (3) lo suficientemente pronto en su vida util, existiendo aun un gran numero de esos mismos tems operando en forma satisfactoria en sistemas similares, entonces y solo entonces viene a ser conveniente reemplazar o efectuar mantencion programada sobre ese componente.

Aplicando estos conceptos a dos campos de ingenieria de gran importancia en el mundo actual, sistemas aeronauticos (aviones) y sistemas electronicos (radares, comunicaciones, etc.), es valido y logico efectuar la siguiente pregunta, "¿En el mundo real, cuantos tems o componentes de estos sistemas presentan fallas graves durante sus horas normales de operacion de diseno? .

Un analisis de cientos de componentes y parte de aviones realizado por las lineas aereas comerciales e industria aeronautica, revela que todos pasan por un periodo grande de fallas (region 1) y luego por un periodo con bajas probabilidades de falla (region 2) durante su tiempo de operacion. Sin embargo, muy pocos componentes alcanzan la region 3 de operacion durante su vida normal de trabajo.

En lo que respecta a los componentes y sistemas electronicos modernos, gran

parte de ellos nunca exhiben características de operación correspondientes a la región 3 de la curva edad-confiabilidad. Esto es, ellos comienzan con un período de mortalidad prematura bastante alto seguido por un lapso con probabilidades de falla constante o con un aumento muy leve, con el comportamiento correspondiente a la región 3, tan lejos, que no es posible considerarlos en cálculos de confiabilidad total del sistema cuando estos forman parte o se integran a un sistema mayor, como es el caso de una aeronave.

Esto se traduce en que el mantenimiento planificado en los sistemas de aeronáutica es contraproducente en la confiabilidad total de la aeronave.

Como excepción a estas consideraciones basadas en la curva de comportamiento edad-confiabilidad, es interesante mencionar dos sistemas cuya conducta se desvía ligeramente del padrón.

Muchas máquinas recprocas llegan a la región 3 durante su vida operacional en donde defectos materiales son descubiertos y reparados; su probabilidad de falla permanece a partir de ese momento casi constante, hasta el punto en que las fallas se desencadenan en forma repentina. Como un gran número de estos motores continúan operando satisfactoriamente hasta el punto en donde las probabilidades de falla se hacen considerables dentro de la región 3, acciones de mantenimiento al comienzo de esta región se justifican plenamente.

Motores jet, sin embargo, al contrario de los motores recprocos, generalmente no exhiben el comportamiento de la región 3 durante sus períodos útiles de operación. Después de pasar por la región 1 sus probabilidades de falla aumentan gradualmente con el tiempo. Inspecciones de mantenimiento y técnicas correctivas son afectivas para este tipo de maquinarias, permitiendo a los operadores detectar el punto en que la máquina alcanza un período de operación en que no es ya más satisfactorio.

Confiabilidad por lógica

Considerando que la gran mayoría de los ítems y componentes fabricados actualmente por la industria, especialmente en el campo de la electrónica, no tienen una relación adversa y directa entre los parámetros edad-confiabilidad dentro del

tiempo de operación normal de diseño, y considerando además que la posibilidad de fallas inducidas por exceso de mantenimiento está siempre presente, parece lógico desarrollar un programa de mantenimiento que reconozca y considere estos fenómenos.

La idea básica de un programa de mantenimiento basado en estos hechos es hacer uso de decisiones por análisis, para lo cual es necesario identificar ciertos parámetros básicos; todos los componentes primarios que componen un sistema, sus funciones primarias y secundarias, su relación e incidencia sobre otros componentes, formas de falla y probabilidades individuales de falla.

Una vez que estos componentes y sus parámetros han sido identificados y clasificados se definen las tareas de mantenimiento que serán realmente efectivas en la recuperación o mantenimiento de su confiabilidad. El último paso es determinar y apreciar la importancia que significa realizar trabajos en estos ítems considerando la incidencia en la seguridad del sistema que se origina con la falla de ese componente.

Sin embargo, es importante hacer notar que la inversión del camino probablemente haría el proceso mucho más eficiente, ya que es más económico tomar los componentes críticos individualmente y analizar sus modos de falla determinando su efecto sobre la seguridad del sistema primero, que efectuar una gran colección de datos y analizar todos los componentes del sistema para entonces dejar fuera un 90% de ellos en la última parte del proceso de decisión lógica.

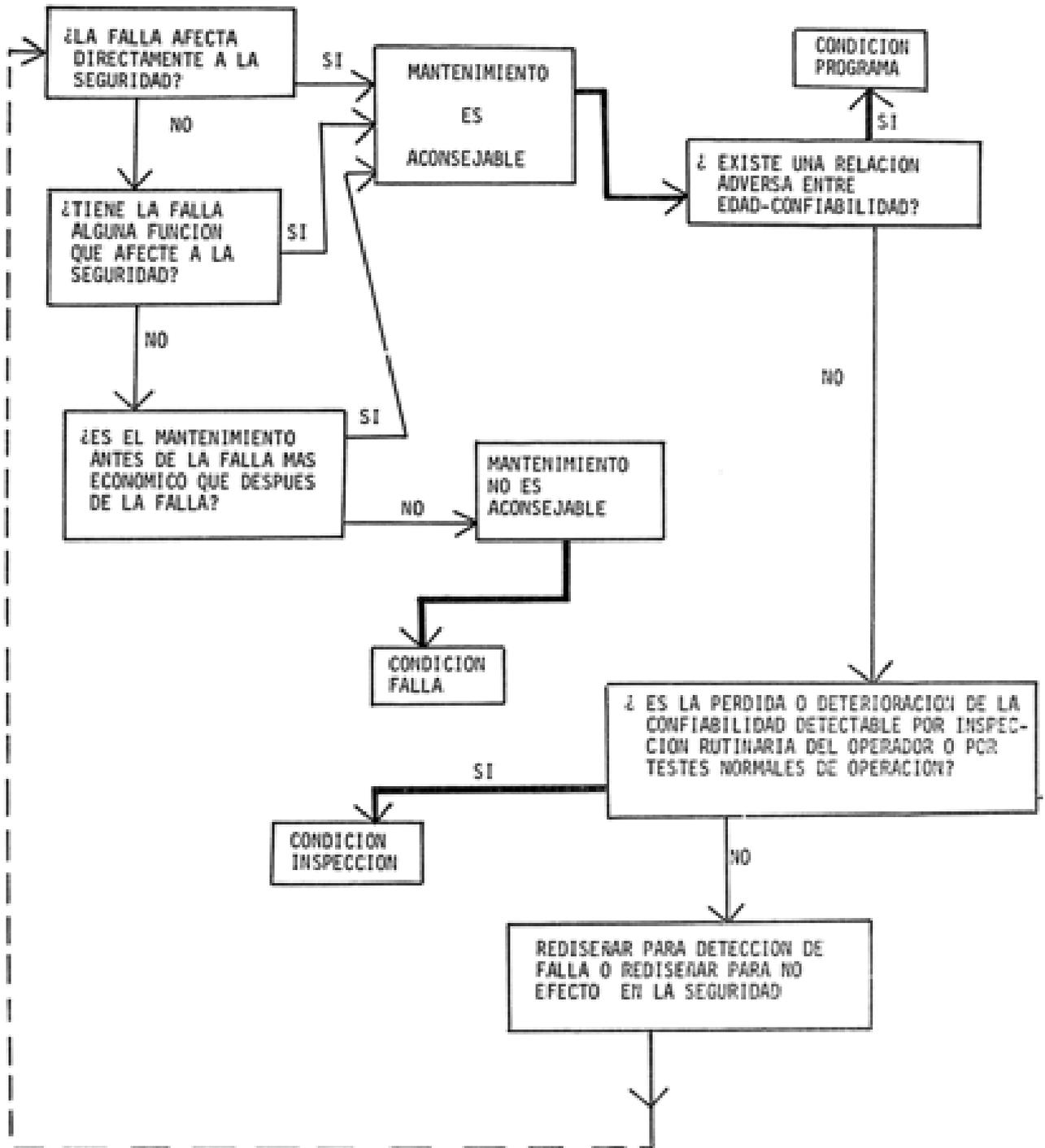
La principal interrogante que se presenta en el desarrollo de un proceso lógico para la determinación de la necesidad de efectuar un trabajo de mantenimiento en un sistema es: "¿La falla de ese componente afecta a la seguridad total y el componente tiene alguna función secundaria que afecte a la seguridad operacional del sistema?". Si la falla del componente no afecta a la seguridad en ninguna forma, existe entonces un próximo paso que se relaciona con costos; "¿es más barato reemplazar el ítem antes que falle que en el momento de fallar?". Si a estas dos consideraciones lógicas la respuesta es no, significa entonces que las tareas de mantenimiento no son deseables para el sistema como un todo, sin

importar el efecto que el mantenimiento pueda tener sobre la confiabilidad del componente en forma individual.

Para los componentes en que se ha determinado efectuar reparaciones y mantenimiento, ya sea por consideraciones de seguridad o economicas, existen aun otras dos decisiones logicas que deben ser ana-

lizadas y que dividen los componentes o tems en tres categor as: "condicion programa , *condicion inspeccion y condicion falla".

Estas decisiones determinan si el mantenimiento debe realizarse en base a una programacion planificada por ^ tiempo (condicion programa) ; se efectue como



DECISIONES LOGICAS PARA DETERMINACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

resultado de inspecciones periodicas (condicion inspeccion), o se efectue cuando se presenta la falla (condicion falla).

Si la seguridad es afectada por la falla de un componente o es mas economico su reemplazo antes que falle y el tem presenta ademas una razon incremental de fallas que es proporcional al tiempo de operacion (relacion adversa edad-confiabilidad), entonces el componente viene a ser del tipo "condicion programa" y debe ser removido y reemplazado cerca del punto en donde las probabilidades de falla comienzan a aumentar rapidamente.

Si la razon de falla no esta estrictamente en proporcion directa al tiempo de operacion, significa que el componente o tem cae dentro de la categoria "condicion inspeccion". Componentes de esta categoria son entonces aquellos que pueden ser inspeccionados a intervalos regulares de tiempo para determinar su condicion actual y determinar si puede seguir en operacion hasta el proximo intervalo de inspeccion. Es importante considerar que los tem que caen dentro de esta categoria tambien pueden afectar a la seguridad y deben ser sometidos a un tipo de mantencion operacional preventiva.

La ultima clasificacion de los componentes es "condicion falla", que equivale a usarlos hasta el momento de falla o defecto.

Este es el punto fundamental en los nuevos conceptos de mantenimiento y la mayor a de los componentes modernos caen dentro de esta categoria, lo que en la practica significa que al no reaccionar a una mantencion rutinaria y que su falla

no afecta a la seguridad total del sistema, solo son reemplazados en el momento de fallar.

Las consideraciones logicas fundamentales aplicadas a un programa de mantenimiento basado en este esquema son presentadas en forma de diagrama en la figura.

Recomendacion

La conclusion que se presenta es que el mantenimiento programado, ya sea este reparaciones, "overhaul" o inspecciones mayores, debiera planificarse no en base a intervalos calendarios fijos o en base exclusivamente a horas de operacion, sino que en base a las condiciones materiales y operacionales del sistema como un todo.

Esta condicion puede expresarse como: "confiabilidad actual del sistema y sus componentes".

Referencias

- "Levels of Maintenance Study-Investigation of Inspection", AR INC Research Corp. Aug. 1972.
- "The Desing of Modern Air Transport Maintenance Programs", United Air Lines, Nov. 1972.
- "Maintainability-Reliability Impact on System Support Cost", Air Force Flight Dynamics Laboratory, Sep. 1973.
- "Commercial Jet Maintenance and Reliability Advancements", Boeing Co., Nov 1972.
- "Analytical Condition Inspection Program", Department of the Air Force, Oct. 1971.

