

B. ANEXO. MODELO DE DESGASTE, CURVA DE VIDA DE UN COMPONENTE (MODELO TIPO CURVA DE LA BAÑERA)

Las técnicas para identificar cuando es el momento de actuar o cambiar un elemento sometido a desgaste, o posible fallo, aplicable de forma directa en análisis de vibraciones, (cojinetes y rodamientos) y en general en el valor de los parámetros sometidos a algún tipo de control periódico (vibración, desgaste, análisis de aceite, etc.), son modelos matemáticos que constan básicamente de tres módulos, una fase inicial, una fase estable y una fase de rápida degeneración.

El modelo general responde a la curva característica de vida de un equipo o curva de la bañera, ya indicada en capítulos anteriores, indicando aquí que el desarrollo que se hace tiene una base empírica con el único objetivo de buscar la forma que mejor se adapta, variando los parámetros de la expresión dada posteriormente, al problema en estudio.

Cuando se dispone de valores de fallo, tablas de valores, ya se ha indicado el método correcto para determinar la función a través de los parámetros y de ella obtener la figura de la curva. Interesa en determinadas ocasiones, cuando se dispone de la figura en una publicación o en un catálogo, poder determinar una aproximación de los parámetros que componen la función ya que a través de ellos es posible obtener otras características del funcionamiento del modelo que sean aplicables a nuestro caso particular. También de forma empírica, en base a la potencia de cálculo de los programas actuales tipo Excel o similar, es posible con el conocimiento de algunos puntos singulares, pocos normalmente, determinar la función más adecuada sabiendo que los modelos de avería para un elemento responden a una determinada forma de la curva de vida.

Cuando un elemento dentro de un equipo, o un equipo en un proceso, o un motor que es la base de una gran instalación con interés en producción (p.e. motor de un barco) es relevante para la producción o la seguridad, se debe hacer un seguimiento de algún parámetro o valor característico del mismo y seguir su variación a lo largo del tiempo para identificar o prever (intentar identificar) el momento en que puede tener un fallo que afecte o paralice el proceso.

Para evaluar la tendencia con la medida de parámetros, identificando la curva de vida de los equipos, el modelo responde a la expresión:

$$V = E \cdot e^{-\frac{t}{e}} + M + F \cdot e^{\frac{t-T}{f}}$$

Nota técnica: La función anterior, obtenida de forma empírica, no es una función de distribución¹, en las funciones de distribución la suma (integral) en el intervalo de validez debe ser la unidad, por definición de función de distribución. La expresión matemática es un modelo, una fórmula paramétrica con parámetros a determinar, o bien conocidos por experiencia, o bien facilitados por el fabricante del equipo.

E y e: Controlan la disminución del valor (p.e. vibración) en la etapa inicial.

M: Es el valor de mayor peso en la etapa media de funcionamiento más estable

F y f: El crecimiento del valor en la etapa final llegando hasta el fallo

T: Parámetro de tiempo, en las mismas unidades que la variable, a partir del cual empieza el periodo de degradación rápida.

Nota. No hay justificación teórica para expresar las curvas de vida con el modelo propuesto, si existe una justificación práctica (empírica), y con este modelo se pueden determinar el punto de interés para fijar la actuación por desviaciones significativas de un valor previo determinado (que puede ser consensuado o propuesto por el fabricante del equipo (motor). Valor a partir del cual se puede esperar un fallo grave.

¹ Para transformar esta ecuación en una función de distribución se calcula la integral y se obtiene un valor A. Se multiplica la función obtenida por el factor (1/A) y ya es correcta. La integral (suma de todas las probabilidades en el rango calculado), toma el valor unidad. Nótese que el procedimiento es similar al realizado en el caso de valores discontinuos (frecuencias), que se suman todos los casos posibles y se obtiene el valor (N), Se multiplica cada ítem por el factor (1/N) y se obtiene las frecuencias relativas o la probabilidad en su caso y la suma de todas las probabilidades obtenida es la unidad.

Ejemplo de valores de forma

t: Tiempo, periodo entre la realización de medidas.
(Pueden ser: horas, días, cada 200 horas, etc.)

| Parámetro | Valor |
|-----------|-------|
| E: | 10 |
| e: | 2 |
| M: | 1 |
| F: | 10 |
| f: | 3 |
| T: | 27 |

| | Variable t | Periodo E | Periodo M | Periodo F | Per. Total |
|------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | 1 | 6,07 | 1 | 0,00 | 7,07 |
| | 5 | 0,82 | 1 | 0,00 | 1,82 |
| | 9 | 0,11 | 1 | 0,00 | 1,11 |
| | 13 | 0,02 | 1 | 0,09 | 1,11 |
| | 17 | 0,00 | 1 | 0,36 | 1,36 |
| | 21 | 0,00 | 1 | 1,35 | 2,35 |
| Ref. | 25 | 0,00 | 1 | 5,13 | 6,13 |
| | 29 | 0,00 | 1 | 19,48 | 20,48 |
| 30 | 1 | 6,07 | 1 | 0,00 | 7,07 |
| 34 | 5 | 0,82 | 1 | 0,00 | 1,82 |
| 38 | 9 | 0,11 | 1 | 0,00 | 1,11 |

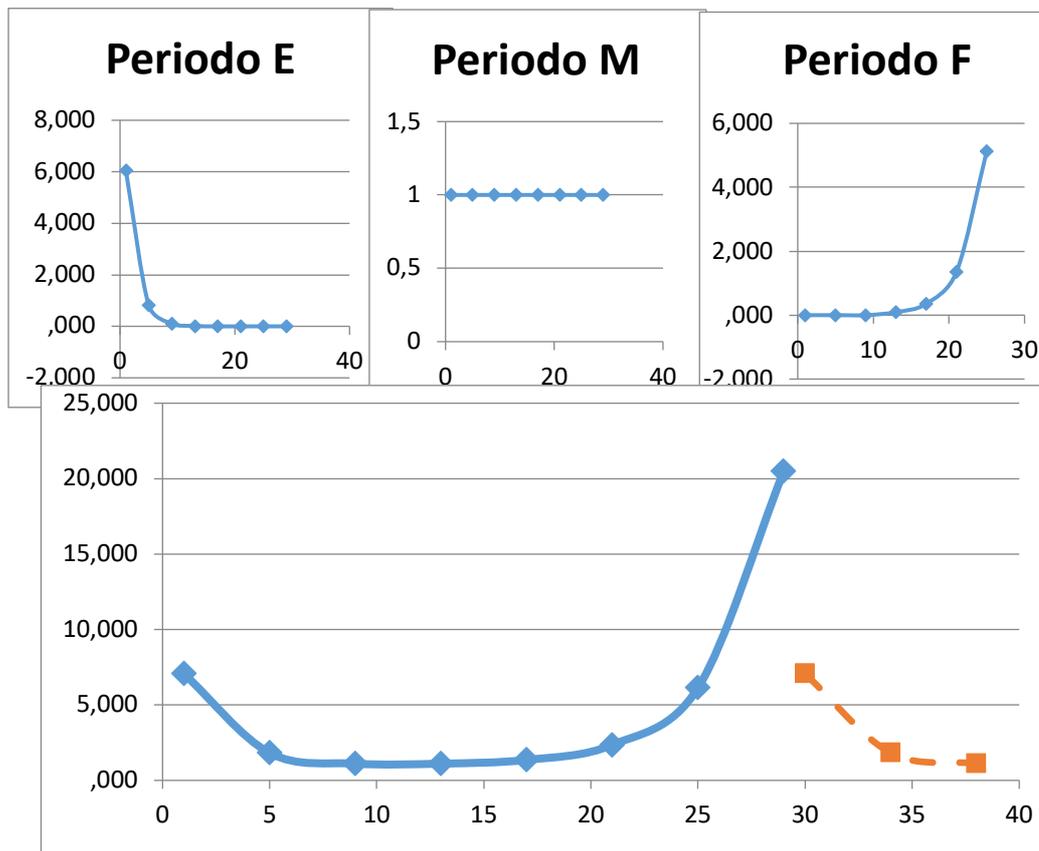


Figura de la bañera ($V=E+M+F$). Actuación e inicio de un nuevo ciclo.

La figura anterior es la suma de los tres factores E, M y F; y del ejemplo calculado se puede deducir que interesa la reparación antes del periodo $t=29$, (propuesta $t=25-26$), y se inicia un nuevo ciclo, por la rápida degradación a partir de este punto.

Por ejemplo en los motores diésel a partir (entre) de las 20.000 a 25.000 horas de funcionamiento hay que hacer una operación importante de ajustes y cambios de válvulas, culata, ajuste de cilindros, y en general una operación que tiene un coste importante con relación al coste de propio motor (puede ser 20 ó 30% del valor del motor), y se inicia un nuevo ciclo de vida.

Estas curvas, según tipos de componentes varían y se modelan de forma muy distinta. La denominación, más correcta, de curvas de vida útil, es una representación en el tiempo de las tasas de fallo esperadas o previstas, de tal forma que permiten programar operaciones de mantenimiento.

Se dan a continuación algunos ejemplos, testados por la experiencia, de cómo responden diferentes componentes, electrónicos, mecánicos, de programación de software, con el paso del tiempo. Solo algunos componentes ajustan su figura realmente a la figura de la “curva de la bañera” que trae su denominación de los primeros estudios sobre fallos de componente, fundamentalmente mecánicos en los primeros tiempos y eléctricos posteriormente donde el tiempo produce la curva típica mencionada.

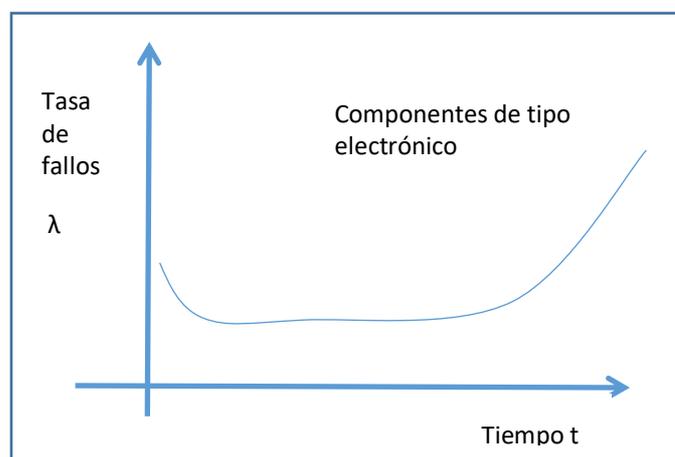


Figura de tasa de fallos para componente de tipo eléctrico-electrónico, su figura responde a un modelo con los tres etapas, inicial, estable y de crecimiento luego su fórmula tiene los tres módulos, E, M, y F diferenciados.

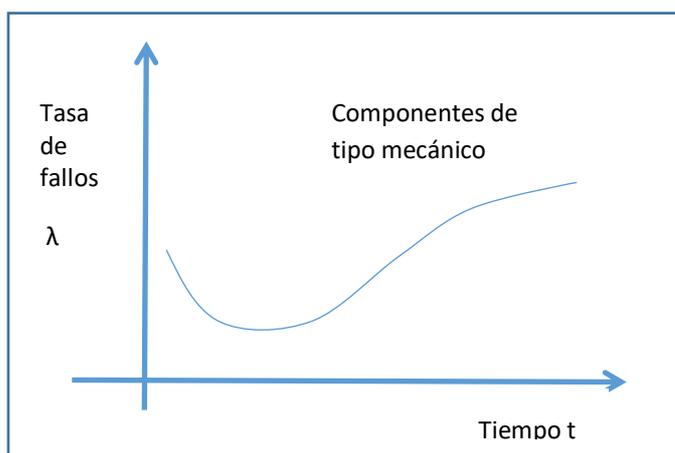


Figura de tasa de fallos para componentes de tipo mecánico

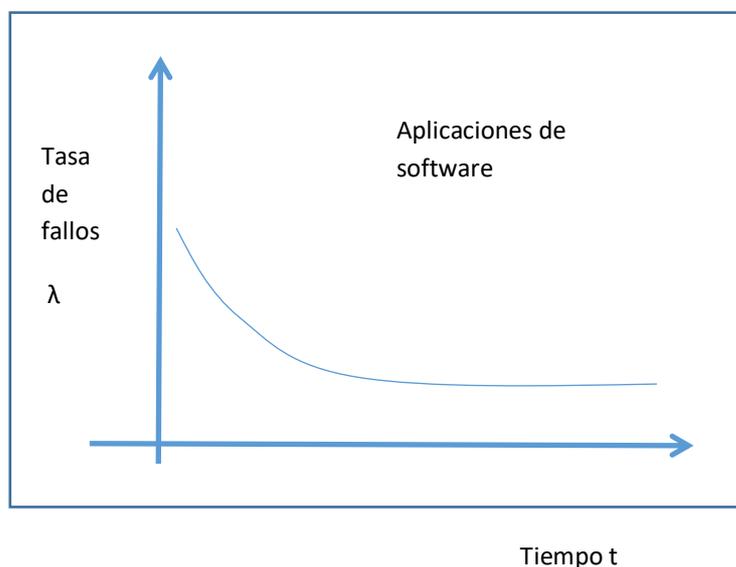


Figura de tasa de fallos para aplicaciones de software, los programas tiene una tasa inicial elevada, luego son muy estables y suelen ser sustituidos por versiones más modernas, quedan obsoletos con el paso del tiempo y las nuevas evoluciones.

Es importante conocer el tipo de curva al que se adapta un determinado proceso de degradación o de producción de averías ya que esto permite determinar, mediante el sistema del modelo anterior, y con un número pequeño de datos, la fórmula general, para luego ir ajustándola con más experiencia.

BIBLIOGRAFÍA

Libros y revistas

Heydorn, R. P. (2001). Reliability Engineering Handbook. Technometrics.

Ireson, W. G., Coombs, C. F., & Moss, R. Y. (1996). Handbook of reliability engineering and management. McGraw-Hill Professional.

Ríos, S. (1973). Métodos estadísticos. Ediciones del Castillo. España.

Páginas web

"Cálculo de los parámetros de la distribución de Weibull". Reliabilityweb. N.p., n.d. Web. 31 Oct. 2016.

"Distribución exponencial" Wikipedia: The Free Encyclopedia. Wikimedia Foundation, Inc. 22 July 2004. Web. 30 Aug. 2016.