



Ponencia:
**Consideraciones sobre el impacto económico de la
"Confiabilidad", en el Análisis de Costos de Ciclo de Vida
de un activo de Producción. Revisión de modelos básicos**

Autores:

Carlos A. Parra M.

(Aspirante a Doctor en Ingeniería Industrial, Universidad de Sevilla)

Adolfo Crespo

(Coordinador de tesis de Doctorado, Universidad de Sevilla)

Noviembre 2007, Tecnun - Universidad de Navarra



CONTENIDO

El grupo de I+D+i en GSF de la ESI Sevilla e INGEMAN

Aspectos básicos sobre las técnicas de Análisis de Costes de Ciclo de Vida (ACCV)

Impacto de la Confiabilidad en el ACCV - revisión de modelos básicos:

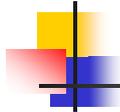
- Modelo tasa de fallos constante (Woodward)
- Modelo de tasa de fallos determinístico (Fabrycky and Blanchard)
- Modelo de tasa de fallos por distribución de Weibull (Willians and Scott)

Ejercicio propuesto, modelo de tasa de fallos constante

Limitaciones de los modelos evaluados

Orientaciones futuras (líneas de investigación y desarrollo)

Consideraciones finales



Grupo de investigación en GSF y CS

Universidad de Sevilla

- Adolfo CRESPO MARQUEZ (IP)
- Rafael RUIZ USANO
- Antonio SANCHEZ HERGUEDAS
- Pedro MOREU DE LEON
- Miguel Angel MUÑOZ PEREZ

CRAN- Université Henri Poincaré & CNRS

- Benoit IUNG
- Alexandre MULLER

University of Massachusetts

- Ana MURIEL (Beca Ramón y Cajal)

University of Alabama, Huntsville

- Jeet GUPTA

Intel, Fab 11X, New Mexico

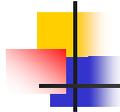
- James P. IGNIZIO



GSF. Proyectos de investigación.

- Modelado de Políticas para la mejora de la seguridad de funcionamiento y calidad de servicio de los sistemas de producción. Proyecto del MEC, DPI 2004 – 01843.
- Red Temática Sobre Modelado para la Seguridad de Funcionamiento y Calidad de Servicio de los Sistemas Productivos. Proyecto del MEC, DPI 2005-25251-E
- Cooperación con la Red Europea de Investigación EURENSEAM : European Research on Strategic Engineering Asset Management" (ES-0576/06/2007), con la OTRI de la Universidad de Sevilla.
- "Nuevas Tecnologías aplicadas a la Seguridad de Funcionamiento en los Sistemas de Producción" (07142P4A/2007), financiado por la Corporación Tecnológica de Andalucía, e Iberdrola Generación, S.A.
- Desarrollo de nuevos sistemas y dispositivos para la mejora de la calidad del suministro eléctrico (P06-TEP-01882 - Investigador). Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía.





GSF. Contratos/convenios con entidades.

- Estudio de confiabilidad para el análisis y fiabilidad en la producción de energía eléctrica y vapor de dos configuraciones de una central de cogeneración (ES-0019/2004), con la empresa Abener Energía S.A.
- Diseño del mantenimiento integral de un parque de grúas RTG en la Primera terminal de Contenedores (TI-267/2002)
- Informe Pericial para proyecto de Inversión de AUSSA (ES-0397/2006)
- Diseño y Desarrollo de un Modelos de Fiabilidad Operacional en una Empresa de Generación Eléctrica (PI-0505/2006), con la asociación INGEMAN e IBERDROLA Generación.
- "Colaboración en el diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el Sistema de Propulsión del Submarino S-80" (ES-0580/06/2007), con INGEMAN , el Grupo APEX y la Jefatura Superior de Apoyo logístico de la Armada Española.
- "Auditoría y Diagnóstico de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el Sistema de Propulsión de un Cazaminas"(ES-0579/06/2007), con INGEMAN , el Grupo APEX y la Jefatura Superior de Apoyo logístico de la Armada Española.



GSF. Resultados: Publicaciones.

<http://taylor.us.es/DEPEN-IMPRO>

En: Ingeniería y Gestión de Mantenimiento
(Miembro del Consejo Editorial desde 2005)

Criterios de gestión y políticas de mantenimiento en el estudio de un sistema de producción con tasa de producción y capacidad de almacenamiento limitadas.

Adolfo Crespo Márquez y Antonio Sánchez Herguedas.
2003. Número 31. 35-39.

Clasificación de métodos y técnicas de ingeniería de mantenimiento.

Adolfo Crespo Márquez, Pedro Moreu y Antonio Sánchez.
2003. Número 31. 35-39.

El diseño de un plan de mantenimiento mediante el método RCM.

Adolfo Crespo Márquez, Pedro Moreu y Antonio Sánchez.
2004. Número 38. 42-48.

Modelo integral para optimizar la confiabilidad en instalaciones petroleras del subsuelo.

Carlos Parra y Adolfo Crespo Márquez.
2005. Número 39, 36-43.

Caso práctico de implantación del mantenimiento autónomo en la industria automovilística.

Francisco Fernández y Adolfo Crespo Márquez.
2005. Mayo-Junio 49-56.

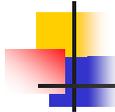
Ingeniería de fiabilidad aplicada al proceso de análisis de coste ciclo de vida (ACCV)

Carlos Parra Márquez, Adolfo Crespo Márquez, Pablo Cortés y S. Figueroa.
2006. Mayo-Junio 31-43.



ISSN 1695-3754





GSF. Resultados: Publicaciones.

<http://taylor.us.es/DEPEN-IMPRO>

[A structured approach for the assessment of system availability and reliability using Monte Carlo simulation.](#)

Adolfo Crespo Márquez y Antonio Sánchez
[Journal of Quality in Maintenance Engineering](#)

2006. Accepted in the Special Issue on
"Advances in degradation monitoring and in predictive maintenance".



[Special Issue on e-Maintenance](#)

Editores: Benoit Iung y Adolfo Crespo Márquez

[Computers in Industry](#)

2006. Volume 57, Issue 6. Pages 473-595.

[On the concept of e-maintenance. Review and current research.](#)

Alexandre Muller, Adolfo Crespo Márquez y Benoit Iung

[Reliability Engineering and System Safety](#)

2007. Aceptada.

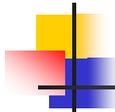


[E-Maintenance: Review and conceptual framework.](#)

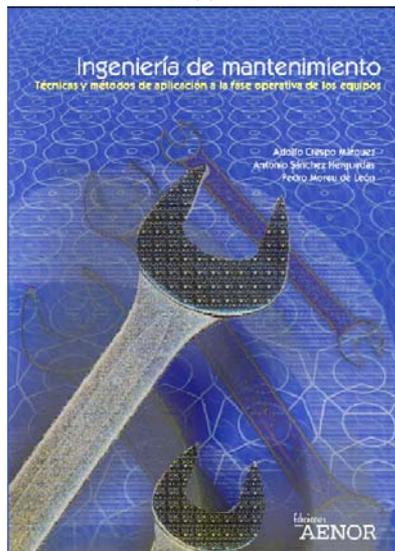
Eric Levrat, Benoit Iung, Adolfo Crespo Márquez

[Production Planning and Control. Special Issue:](#)

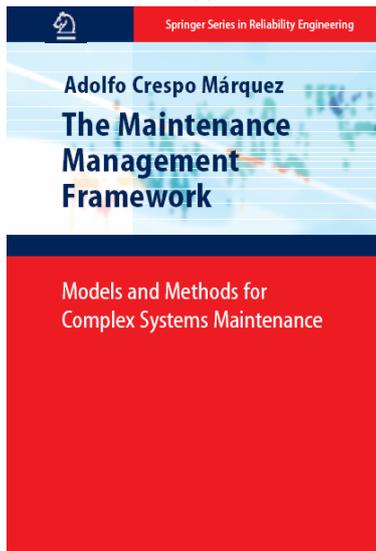
2007, Aceptada



2004



2007





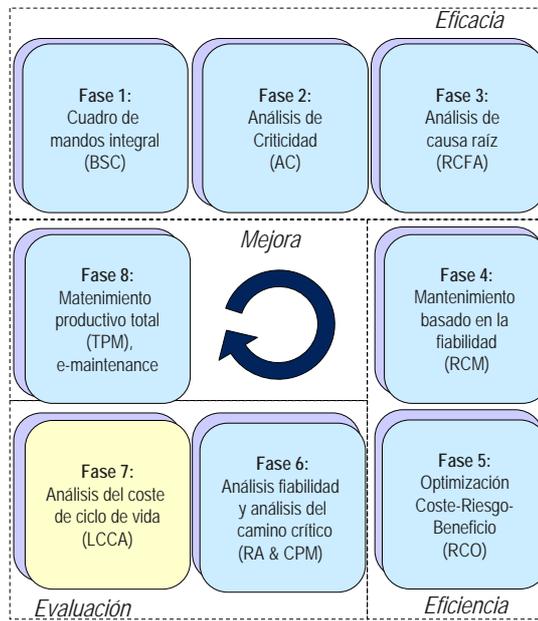
Chapter VII.

A Review of key decision areas in maintenance management.

Crespo Márquez A.

2007. The Maintenance Management Framework.

Springer Verlag



Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento

INGEMAN

- Investigación y Estudios
- Publicaciones
- Enlaces Internacionales
- Cursos, Jornadas Técnicas y Seminarios
- Mejora de la Mantenibilidad
- Normalización
- Premios y Becas

mantenimiento de futuro



<http://ingeman.net>

Programa Superior en Ingeniería y Gestión de Mantenimiento

Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla
1ª Edición 2007/2008

Edición 2008/2009

ESI Sevilla
Iberdrola Generación
Heineken
Cobrelascruces





CONTENIDO

El grupo de I+D+i en GSF de la ESI Sevilla e INGEMAN

Aspectos básicos sobre las técnicas de Análisis de Costes de Ciclo de Vida (ACCV) y estado de la investigación

Impacto de la Confiabilidad en el ACCV - revisión de modelos básicos:

- Modelo tasa de fallos constante (Woodward)
- Modelo de tasa de fallos determinístico (Fabrycky and Blanchard)
- Modelo de tasa de fallos por distribución de Weibull (Willians and Scott)

Ejercicio propuesto, modelo de tasa de fallos constante

Limitaciones de los modelos evaluados

Orientaciones futuras (líneas de investigación y desarrollo)

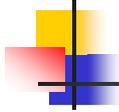
Consideraciones finales



ANTECEDENTES ACTUALES (1990-2000)

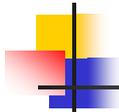
- Entre los años 1990 - 1992, Woodward (1993), de la Universidad de Staffordshire (Inglaterra, Gran Bretaña), propone un modelo básico de análisis del impacto de la Confiabilidad.
- Año de 1992, dos investigadores de la Universidad de Virginia, Wolter Fabrycky y B.S. Blanchard, desarrollan un modelo de ACCV (ver detalles en Fabrycky *et al* (1993)), en el cual incluyen un proceso estructurado para calcular los costes de Confiabilidad - valores constantes de fallos por año.
- Año 1998, los ingenieros David Willians y Robert Scott de la firma consultora *RM-Reliability Group*, desarrollan un modelo de ACCV basado en la Distribución de Weibull para estimar la frecuencia de fallos y el impacto de los Costes de Confiabilidad, detalles en Willians *et al* (2000).
- Año 1999, Proyecto Europeo EUREKA, línea de investigación MACRO (*Maintenance Cost/Risk Optimisation 'MACRO' Project*), se desarrolla un software APT Lifespan, ver Riddell *et al* (2001) y Woodhouse (1999).
- En los últimos años, el área de investigación relacionada con el Análisis de Costes en el Ciclo de Vida, ha continuado su desarrollo, tanto a nivel académico como a nivel industrial. Adicionalmente, es importante mencionar, el desarrollo de Modelos Matemáticos para la simulación estocástica de modos de fallos reparables, tales como: (POR - proceso ordinario de restauración, NHPP - proceso no homogéneo de Poisson y PGR- proceso generalizado de restauración). Modelos que van a permitir que en un futuro muy cercano, se pueda disminuir la incertidumbre en la estimación del impacto de la Confiabilidad en los costes totales del Ciclo de vida de un activo industrial.





ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

- Etapa 1: Modelo básico inicial, basado en tasa de fallos constante (equipos ***No Reparables***).
Fecha de entrega: Mayo 2005
- Etapa 2: Modelo Basado en tasa de fallos calculadas a partir de distribuciones probabilísticas (equipos ***No Reparables***).
Fecha de entrega: Noviembre 2006 (Período de Investigación)
- Etapa 3: Modelo Basado en tasa de fallos calculadas a partir de Modelos Estocásticos para ***equipos Reparables*** (POR - proceso ordinario de restauración, NHPP - proceso no homogéneo de Poisson y PGR- proceso generalizado de restauración).
Fecha de entrega: Febrero 2008 (Tesis Doctoral)



ACTIVOS "VIEJOS": ¿POR QUÉ REEMPLAZAR ?

Justificación del reemplazo:

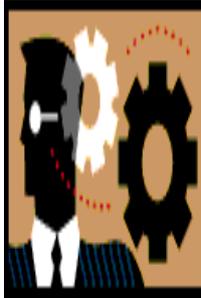
- Obsolescencia (técnica - económica)
- Cambios en el contexto operacional
- costes elevados (operación - mantenimiento)
- Aspectos de logística (repuestos)
- Baja confiabilidad-disponibilidad
- Aspectos de seguridad/ambiente
- Feeling.....





¿ CUÁL ES EL ACTIVO ÓPTIMO A SELECCIONAR ?

- **Gastar menos** (baja inversión inicial)
- **Disminuir los costes** de operación y mantenimiento
- **Incrementar la vida útil**



- **Producir más**
- **Mayor Confiabilidad y Disponibilidad**
- **Mejorar la eficiencia** de los activos
- **Mejorar la calidad** de los productos
- **Incrementar la seguridad**
- **Cumplir regulaciones ambientales**

CONFLICTO ACTUAL EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DE UN ACTIVO



ÁREAS DE INCERTIDUMBRE PARA SELECCIONAR ACTIVOS

1. Diferentes opciones (tipos, tamaños, costes, vida útil....).
2. El coste total del sistema no es visible, en particular aquellos costes asociados con la operación, mantenimiento y apoyo del sistema.
3. Inexactitudes en las estimaciones, predicciones y previsiones de costes (fluctuaciones de la economía – inflación).
4. Cambios de ingeniería durante el diseño y el desarrollo.
5. Cambios en la producción, operación y/o construcción del sistema.
6. Calidad deficiente de los insumos durante su uso.
7. Variación de los procesos de deterioro – desconocimiento de los modos de fallo y sus probabilidades de ocurrencia.....



INCERTIDUMBRE EN LOS COSTES



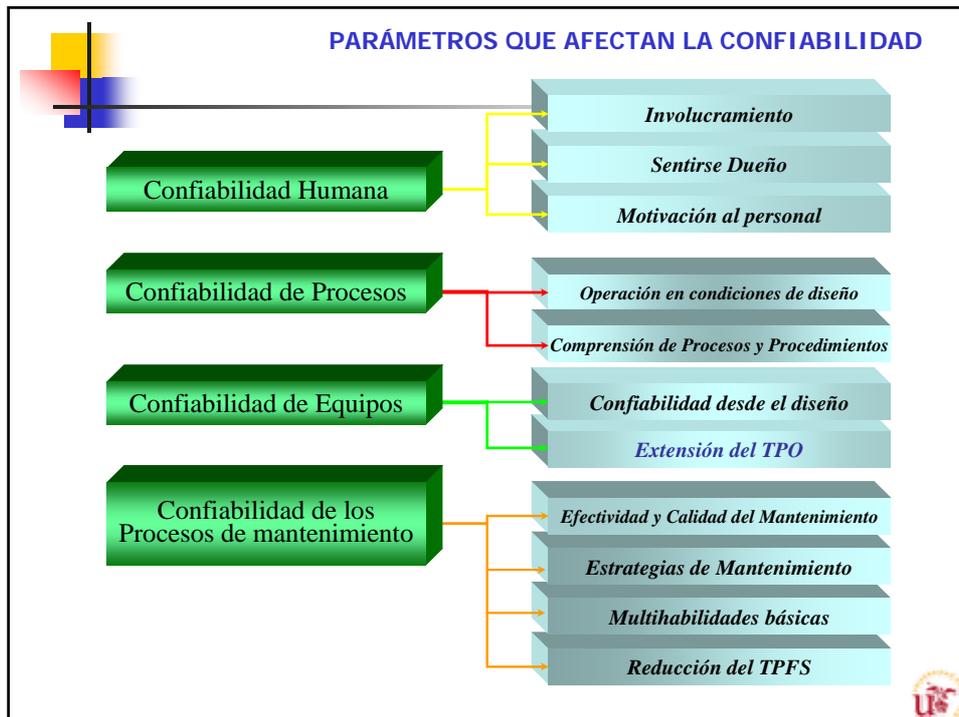
CONFIABILIDAD / COSTE DEL CICLO DE VIDA

Concepto de Confiabilidad:

Capacidad de una instalación (infraestructura, personas, tecnología) para cumplir su función (haga lo que se espera de ella), y en el caso de que ocurran fallos, las mismas deberán ocasionar los menores costos posibles a lo largo del ciclo de vida del activo

Una instalación confiable debe incluir tanto
continuidad operacional como **control de**
riesgos

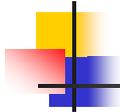




CONFIABILIDAD Y ANÁLISIS DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA (ACCV)

- Woodhouse (1999), define el ACCV como un proceso sistemático de evaluación técnico - económica, aplicada en el proceso de selección y reemplazo de sistemas de producción, que **cuantifica** el impacto real de todos los costes (incluyendo los costes por fallos) a lo largo del ciclo de vida de los activos (\$/año).

En términos generales la metodología de ACCV, nos permite seleccionar aquellos activos que generen los menores costes, ayudando de esta forma a maximizar la rentabilidad del proceso de producción.



MÉTODOS TRADICIONALES PARA SELECCIONAR ACTIVOS

- Aproximaciones subjetivas (feeling) - experiencias
- Por el valor del activo - más baratos
- Evaluaciones financieras tradicionales

•¿Son suficientes estas metodologías para: seleccionar los activos más adecuados?

•¿Son capaces estas metodologías de cuantificar los riesgos y la Confiabilidad?

Alternativa: Metodología de análisis de Coste de Ciclo de Vida (ACCV) - (Lyfe Cycle Cost Analysis LCCA)

- Calcular el coste de ciclo de vida de los activos
- Comparar diferentes opciones con el fin de identificar cual tiene el menor coste de ciclo de vida



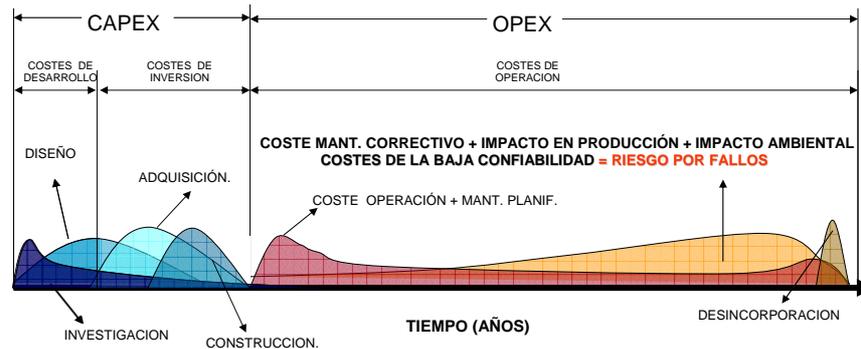
ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL ACCV

En particular, para poder realizar de forma efectiva un ACCV, es necesario aclarar los siguientes conceptos:

- Características de los costes (Capex – Opex)
- Tasa de descuento que más se ajuste a la realidad
- Ciclo vida Útil esperado (vida económica esperada)



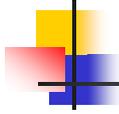
VARIACIÓN DE COSTES A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA



TIPOS DE COSTES A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA

Las categorías principales de costes presentadas en la figura anterior se describen a continuación:

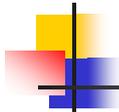
- **Capex:**
 - Costes de investigación, diseño y desarrollo: planificación inicial, análisis de mercado, investigación del producto, requisitos de diseño e Ingeniería, etc.
 - Costes de adquisición y construcción: ingeniería industrial y análisis de operaciones, producción (fabricación, montaje y pruebas), construcción de instalaciones, desarrollo del proceso, operaciones de producción, control de calidad y requisitos iniciales de apoyo a la logística.
- **Opex:**
 - Costes de operación y apoyo: insumos de operaciones del sistema de producción, mantenimiento planificado, mantenimiento correctivo (depende del Factor Confiabilidad) y costes de apoyo logístico durante el ciclo de vida del sistema.
 - Costes de retirada y eliminación: eliminación de elementos no reparables a lo largo del ciclo de vida, retirada del sistema y reciclaje de material.



CICLO VIDA ÚTIL ESPERADO

La vida de un sistema (proceso, elemento componente, equipo) es definida en términos semejantes a la vida humana, como el promedio de años en el cual se espera que el sistema funcione.

- **Vida Tecnológica:** número de años esperados de operación hasta que la tecnología causa obsolescencia en el sistema.
- **Vida útil:** número de años esperados durante los cuales el sistema cumplirá sus funciones dentro de los estándares de operación de diseño establecidos.
- **Vida económica:** número de años estimados en los cuales el sistema genera los menores costes (mayores ganancias) dentro del proceso de producción.



PERÍODO DE TIEMPO EN EL CUAL SE TIENEN QUE ESTIMAR LOS COSTES

- **Período de Vida Útil equivalente.** En el caso de que las alternativas a evaluar, tengan la misma expectativa de vida económica, el periodo de análisis de los costes es similar. Este escenario es el más sencillo y común para los ACCV.
- **Período de Vida Útil diferentes.** En el caso de que las alternativas a evaluar, tengan diferentes expectativas de vidas económicas, es posible seleccionar el periodo de análisis de los costes como un múltiplo de los periodos a ser evaluados. Por ejemplo, en el caso de dos opciones, en los cuales se hayan definido como período de vida útil 8 y 12 años respectivamente, el posible período de análisis sería de 24 años, ya que en este período se podrían evaluar los costes totales de las dos alternativas y analizar en un mismo escenario la comparación entre las dos alternativas.



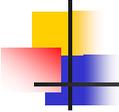


METODOLOGÍA DE ACCV – EXPRESIÓN GENERAL

$ACCV(P) = \Sigma \text{Costes en valor presente (P)} - \text{Valor residual en valor presente(P)}$

$ACCV(P) = \Sigma CI + CO + CMP + TCPF + CMM - VR$
Para período de vida útil en años (n) y una tasa de descuento (i)

- CI = Coste inicial de adquisición e instalación, normalmente dado en valor Presente.
 - CO = Costes operacionales, normalmente dado como valor Anualizado**.
 - CMP = Costes de Mantenimiento Preventivo, normalmente dado como valor Anualizado**.
 - **TCPF = Costes Totales por "Confiabilidad", normalmente dado como valor Anualizado. En este caso se asume tasa de fallos constante, por lo cual el impacto en costes es igual en todos los años **.**
 - CMM = Costes de Mantenimiento Mayor – Especiales, normalmente dado como valor Futuro**.
 - VR = Valor residual, normalmente dado como valor Futuro**.
- ** Todas las categorías de costes se convertirán a valor presente (P).



TASA DE DESCUENTO (INTERÉS)

La tasa de descuento representa el valor del dinero en el tiempo. Esta se describe como la tasa nominal de incremento en el valor del dinero en el tiempo. Este proceso en el que el dinero adquiere valor e incrementa en cantidad sobre un período de tiempo específico (años), es lo que se conoce como el Valor del Dinero en el Tiempo (a una tasa de descuento del 7% anual, 100\$ serán 107\$ en un año)

Mucho se ha escrito acerca de la tasa de descuento y los métodos para determinarla, pero no hay un método único aceptado a nivel mundial, por lo cual, las estimaciones de la tasa de descuento varían entre las diferentes organizaciones. Normalmente la selección de la tasa de descuento es una decisión propia de las organizaciones tanto públicas como privadas.





VALOR PRESENTE (P) DE UN
VALOR ANUALIZADO (A)

Dado un valor anualizado (A), calcular su valor presente (P):

$$P = A \times VPA, \quad VPA = \frac{(1+i)^t - 1}{i \times (1+i)^t}$$

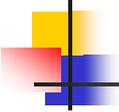
Ejemplo:

CO = Costes operacionales:

A = 10.000\$/año, i = 10%, t = 15 años

$$P = 10.000\$ \times \frac{(1+0,1)^{15} - 1}{0,1 \times (1+0,1)^{15}}$$

P = 76.060,79\$



VALOR PRESENTE SIMPLE (P)
DE UN VALOR FUTURO (F)

Dado un valor futuro (F), calcular su valor presente (P):

$$P = F \times VP, \quad VP = \frac{1}{(1+i)^t}$$

Ejemplo:

CMM = Costes de Mantenimiento Mayor:

F = 100.000\$, para t = 5 años y para t = 10 años, i = 10%

t = 5 años

$$P = 100.000\$ \times \frac{1}{(1+0,1)^5}$$

P = 62.092,13\$

t = 10 años

$$P = 100.000\$ \times \frac{1}{(1+0,1)^{10}}$$

P = 38.554,32\$





VALOR ANUALIZADO (A)
DE UN VALOR PRESENTE (P)

Dado un valor presente (P), calcular su valor anualizado (A):

$$A = P \times PPA, \quad PPA = \frac{i \times (1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$$

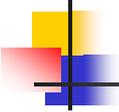
Ejemplo:

Costes totales en valor presente de un activo X:

P = 1.076.162,59\$, representa el valor presente de todos los costes esperados en un ciclo de vida de 15 años y una tasa de descuento del 10%

$$(A) = 1.076.162,59 \$ \times \frac{0,1 \times (1 + 0,1)^{15}}{(1 + 0,1)^{15} - 1}$$

A = 141.487,16\$ representa el valor equivalente anual de todos los costes esperados para un ciclo de vida de 15 años y una tasa de descuento del 10%



COSTES TOTALES POR FALLOS – TCPF
EXPRESIÓN GENERAL

TCPF = Costes totales por Confiabilidad/(\$/año). El coste total anualizado de penalización es la sumatoria del producto entre el coste de penalización por año (paros de plantas, diferimiento de producción, productos deteriorados, baja calidad, retrabajo) por el número de eventos de fallos inesperados:

$$TCPF = \sum_{i=1}^m (\delta_f \times (TPPR \times C_f))$$

δ_f = frecuencia de ocurrencia de cada modo de fallo para el año n = fallos/año - (factor Confiabilidad)

TPPR = tiempo promedio para reparar = horas

C_f = Costes Mant. No Plan. + Costes Penal. = \$/hora - (factor mantenibilidad).

m = número de modos de fallos que ocurren al año.



CONTENIDO

El grupo de I+D+i en GSF de la ESI Sevilla e INGEMAN

Aspectos básicos sobre las técnicas de Análisis de Costes de Ciclo de Vida (ACCV) y estado de la investigación

Impacto de la Confiabilidad en el ACCV - revisión de modelos básicos:

- Modelo tasa de fallos constante (Woodward)
- Modelo de tasa de fallos determinístico (Fabrycky and Blanchard)
- Modelo de tasa de fallos por distribución de Weibull (Willians and Scott)

Ejercicio propuesto, modelo de tasa de fallos constante

Limitaciones de los modelos evaluados

Orientaciones futuras (líneas de investigación y desarrollo)

Consideraciones finales

COSTES TOTALES POR FALLOS – TCPF MODELOS BÁSICOS (MODOS DE FALLOS NO REPARABLES)

TASA DE FALLOS CONSTANTE (WOODWARD)	TASA DE FALLOS DETERMINÍSTICO (FABRYCKY & BLANCHARD)	TASA DE FALLOS POR DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL (WILLIAMS & SCOTT)
<p>N = número total de fallos T = número total esperado de años de vida útil δ_f = frecuencia de fallos para cada año – valor constante para el total de años T</p> $\delta_f = \frac{N}{T}$	<p>δ_{ft} = número de fallos para cada año (t) correspondiente, desde t = 1 año hasta T (número total esperado de años de vida útil)</p> $\delta_f = \delta_{f(1)} \dots \dots \delta_{f(T)}$	<p>δ_f = frecuencia de fallos para cada año – valor constante para el total de años T MTBF = tiempo promedio entre fallos calculado con la Distribución de Weibull</p> $\delta_f = \frac{1}{MTBF}$ $MTBF = \mu = \alpha \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$
$TCP_f = \sum_{f=1}^F C_f \times \delta_f$	$TCP_f = C_{f(1)} \times \delta_{f(1)} \dots C_{f(T)} \times \delta_{f(T)}$	$TCP_f = \sum_{f=1}^F C_f \times \delta_f$



CONTENIDO

El grupo de I+D+i en GSF de la ESI Sevilla e INGEMAN

Aspectos básicos sobre las técnicas de Análisis de Costes de Ciclo de Vida (ACCV) y estado de la investigación

Impacto de la Confiabilidad en el ACCV - revisión de modelos básicos:

- Modelo tasa de fallos constante (Woodward)
- Modelo de tasa de fallos determinístico (Fabrycky and Blanchard)
- Modelo de tasa de fallos por distribución de Weibull (Willians and Scott)

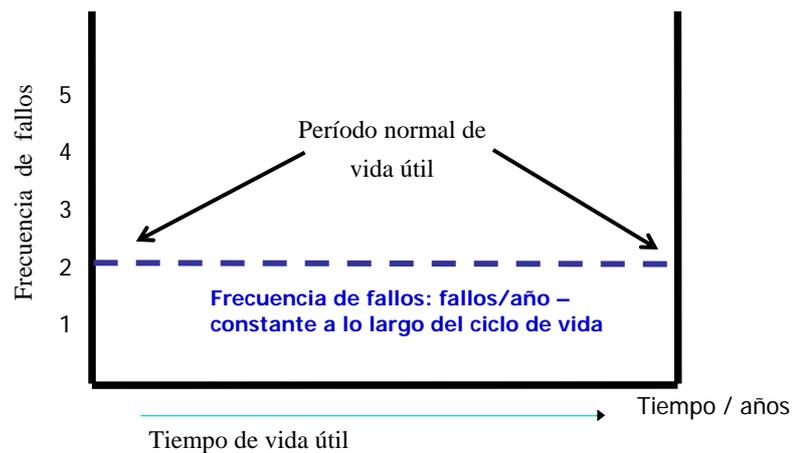
Ejercicio propuesto, modelo de tasa de fallos constante

Limitaciones de los modelos evaluados

Orientaciones futuras (líneas de investigación y desarrollo)

Consideraciones finales

CASO BÁSICO: TASA DE FALLOS CONSTANTE





APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DEL ACCV -CTA

Ejercicio: Situación de diseño: Se requieren evaluar dos sistemas de bombeo

Activo a evaluar:
Sistema de Bombeo Rand

Datos de costes:

•CI: 90000 \$ / vida útil 15 años

•CO: 3000 \$/año

•CMP: 5000 \$/año

•CMM: 20000 \$/cada 5 años

Datos de Fiabilidad:

•Frecuencia fallos: 1,5 evento/año

•Costes Mano obra:500 \$/evento

•Costes Materiales: 1500 \$/evento

•Tiempo fuera de servicio: 10 horas/evento

•Impacto producción: 2000 \$/hora

•Estimar el Riesgo Total Anualizado (CTA)

Activo a evaluar:
Sistema de Bombeo Sealler

Datos de costes:

•CI: 111000 \$ / vida útil 15 años

•CO: 4000 \$/año

•CMP: 6000 \$/año

•CMM: 25000 \$ / cada 5 años

Datos de Fiabilidad:

•Frecuencia fallos: 0,5 evento/año

•Costes Mano obra:600 \$/evento

•Costes Materiales: 2000 \$/evento

•Tiempo fuera de servicio: 12 horas/evento

•Impacto producción: 2000 \$/hora

•Estimar el Riesgo Total Anualizado (CTA)



Activo a evaluar:
Sistema de Bombeo Rand

1. CI: (90000 \$ / vida útil 15 años)	6000	\$/año
2. CO:	3000	\$/año
3. CMP:	5000	\$/año
4.CMM: (20000 \$ / cada 5 años)	4000	\$/año
5.CTPF:		
5.1. Frecuencia fallos	1,5	evento/año
5.2. Costos Mano obra	500	\$/evento
5.3. Costos Materiales	1500	\$/evento
5.4. Costos anuales por reparar (5.1) x (5.2 + 5.3)	3000	\$/año
5.5. Tiempo fuera de servicio (horas)	10	horas/evento
5.6. Impacto producción	2000	\$/hora
5.7. Costes anuales por penalización (5.5 x 5.6)	20000	\$/evento
5.8. Penalización anual x fallos (5.7 x 5.1)	30000	\$/año
5.9. CTPF (5.4 + 5.8)	33000	\$/año
6. CTA (1 + 2 + 3 + 4 + 5.9)	51000	\$/año
7. % costes de Fiabilidad (5.9 ÷ 6) x 100 %	64,7	%



**Activo a evaluar:
Sistema de Bombeo Sealler**

1. CI: (111000 \$ / vida útil 15 años)	7400	\$/año
2. CO:	4000	\$/año
3. CMP:	6000	\$/año
4. CMM: (25000 \$ / cada 5 años)	5000	\$/año
5. CTPF:		
5.1. Frecuencia fallos	0,5	evento/año
5.2. Costos Mano obra	600	\$/evento
5.3. Costos Materiales	2000	\$/evento
5.4. Costos anuales por reparar (5.1) x (5.2 + 5.3)	1300	\$/año
5.5. Tiempo fuera de servicio (horas)	12	horas/evento
5.6. Impacto producción	2000	\$/hora
5.7. Costes anuales por penalización (5.5 x 5.6)	24000	\$/evento
5.8. Penalización anual x fallos (5.7 x 5.1)	12000	\$/año
5.9. CTPF (5.4 + 5.8)	13300	\$/año
6. CTA (1 + 2 + 3 + 4 + 5.9)	35700	\$/año
7. % costes de Fiabilidad (5.9 ÷ 6) x 100%	37,25	%



Beneficios de Seleccionar la mejor opción

Análisis Costo Riesgo Beneficio (ACRB)

Resultados:

Activo: Sistema de Bombeo Rand	Activo: Sistema de Bombeo Sealler
Inversión: 90000 \$	Inversión: 111000 \$
Coste total Anualizado: 51000 \$/año	Coste total Anualizado: 35700 \$/año
Costos totales por fallos: 33000 \$/año	Costos totales por fallos: 13300 \$/año
% de los costos por fallos: 64,7 %	% de los costos por fallos: 37,25 %

Mejor opción: Sistema de Bombeo Sealler
Beneficios por seleccionar la opción de menor riesgo (sistema Sealler): 51000 (\$/año) – 35700 (\$/año) =

Beneficios potenciales por CTA: 15300 \$/año





CONTENIDO

El grupo de I+D+i en GSF de la ESI Sevilla e INGEMAN

Aspectos básicos sobre las técnicas de Análisis de Costes de Ciclo de Vida (ACCV) y estado de la investigación

Impacto de la Confiabilidad en el ACCV - revisión de modelos básicos:

- Modelo tasa de fallos constante (Woodward)
- Modelo de tasa de fallos determinístico (Fabrycky and Blanchard)
- Modelo de tasa de fallos por distribución de Weibull (Willians and Scott)

Ejercicio propuesto, modelo de tasa de fallos constante

Limitaciones de los modelos evaluados

Orientaciones futuras (líneas de investigación y desarrollo)

Consideraciones finales



LIMITACIONES DE LOS MODELOS BÁSICOS

Modelo de Tasa de Fallos Constante (Woodward, 1997):

Este modelo propone que se consideren frecuencias de fallos constantes a lo largo del ciclo de vida del activo, lo cual, en la realidad no ocurre de esta manera, ya que normalmente, la frecuencia de fallos cambia a medida que van pasando los años por la influencia de diferentes factores (operaciones, mantenimiento preventivo, calidad de materiales, procesos de deterioro, etc.).

Modelo de Tasa de Fallos Determinístico (Fabrycky and Blanchard, 1993):

Este modelo es un poco más realista que el anterior, ya que exige al diseñador que identifique patrones de comportamiento de frecuencia de fallos de los sistemas que está evaluando. aunque sigue siendo un modelo básico

ya q
del
pue
tom
recc
decisiones equivocadas en el proceso de seleccion de activos.

**PRINCIPAL LIMITACIÓN DE ESTOS
MODELOS ES QUE SOLO APLICAN A MODOS
DE FALLOS NO REPARABLES**

apacidad
os que
proceso de
os
tomar

Modelo de Tasa de Fallos por Distribución de Weibull (Willians and Scott, 2000):

Este modelo estima el valor esperado de variable aleatoria evaluada (tiempo promedio entre fallos - MTBF) en función de la distribución de Weibull. A partir del cálculo del MTBF, el modelo cuantifica la frecuencia de fallos por año y los costes de estos fallos. Las principales limitaciones de este método son:

- El impacto de costes anuales por fallos se mantiene constante a largo de cada uno de los años de vida útil esperada del activo.
- El modelo restringe el análisis de Confiabilidad, exclusivamente al uso de la distribución de Weibull, excluyendo otras distribuciones estadísticas existentes tales como: Log Normal, Exponencial, Gamma, etc., las cuales también podrían ser utilizadas para calcular los MTBF y las frecuencias de fallos.





CONTENIDO

El grupo de I+D+i en GSF de la ESI Sevilla e INGEMAN

Aspectos básicos sobre las técnicas de Análisis de Costes de Ciclo de Vida (ACCV) y estado de la investigación

Impacto de la Confiabilidad en el ACCV - revisión de modelos básicos:

- Modelo tasa de fallos constante (Woodward)
- Modelo de tasa de fallos determinístico (Fabrycky and Blanchard)
- Modelo de tasa de fallos por distribución de Weibull (Willians and Scott)

Ejercicio propuesto, modelo de tasa de fallos constante

Limitaciones de los modelos evaluados

Orientaciones futuras (líneas de investigación y desarrollo)

Consideraciones finales



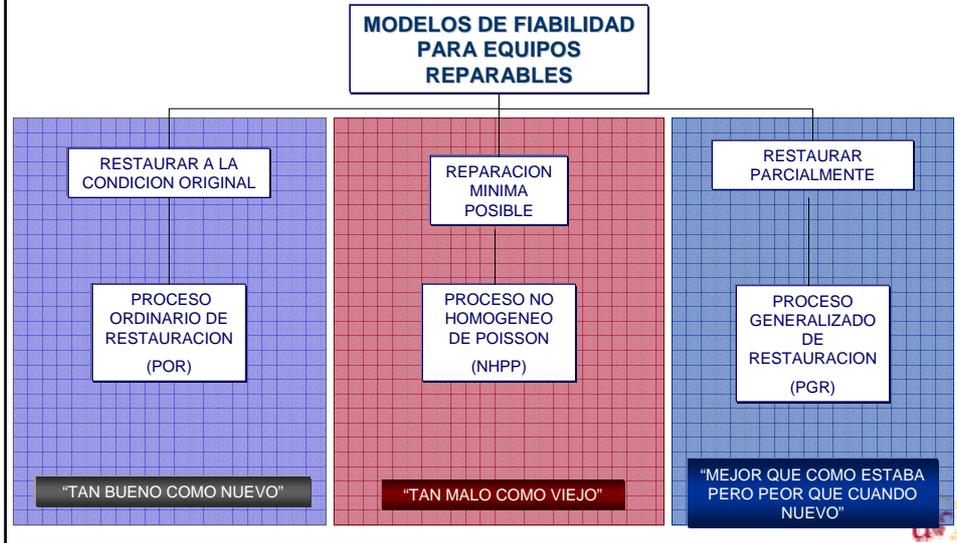
ÁREAS FUTURAS DE TRABAJO

- Técnicas avanzadas de análisis de Confiabilidad que incluyan pruebas de ajuste estadístico (Test de Kolmogorov), ver (Elsayed, 1982, Barlow, Clarotti and Spizzichino, 1993, Ireson, et al., 1996, Elsayed, 1996, Scarf, 1997, Ebeling, 1997 and Dhillon, 1999).
- Técnicas de simulación de Monte Carlo, ver (Barringer, 1997, Barringer and Webber, 1996, and Kaminsky and Krivtsov, 1998).
- Métodos de simulación de Markov, ver (Roca, 1987, Kijima and Sumita, 1987 and Kijima, 1997).
- Modelos Estocásticos para equipos reparables (POR - proceso ordinario de restauración, NHPP - proceso no homogéneo de Poisson y PGR- proceso generalizado de restauración), ver detalles de estos modelos en (Tejms, 1986, Karyagina et al., 1998, Bloch-Mercier, 2000 and Yañez et al., 2002).



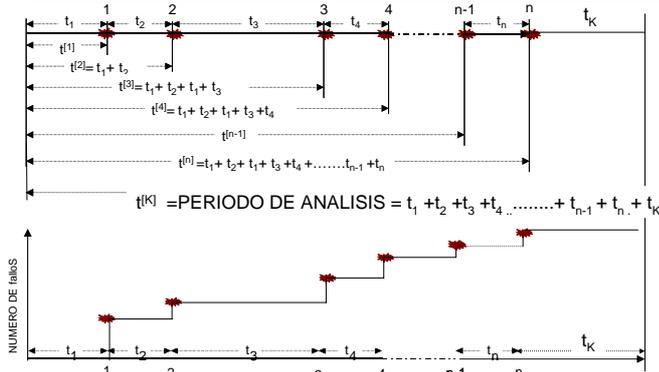


FIABILIDAD PARA EQUIPOS REPARABLES



VARIABLES A EVALUAR

EQUIPOS REPARABLES - FIABILIDAD BASADA EN LA HISTORIA DEL FALLO



$F(t^{[k]})$ = PROBABILIDAD DE FALLO AL TIEMPO ACUMULADO DE OPERACION " $t^{[k]}$ "

$C(t^{[k]})$ = FIABILIDAD AL TIEMPO ACUMULADO DE OPERACION " $t^{[k]}$ "

$\Lambda(t^{[k]})$ = NUMERO ESPERADO DE FALLOS AL TIEMPO ACUMULADO DE OPERACION " $t^{[k]}$ "

$\lambda(t^{[k]})$ = TASA DE OCURRENCIA DE FALLOS AL TIEMPO ACUMULADO DE OPERACION " $t^{[k]}$ "

TEPPF($t^{[k]}$) = TIEMPO ESPERADO PARA EL PRÓXIMO FALLO AL TIEMPO ACUMULADO DE OPERACION " $t^{[k]}$ "

**VARIABLES
PROBABILISTICAS
DE INTERES**



CONTENIDO

El grupo de I+D+i en GSF de la ESI Sevilla e INGEMAN

Aspectos básicos sobre las técnicas de Análisis de Costes de Ciclo de Vida (ACCV) y estado de la investigación

Impacto de la Confiabilidad en el ACCV - revisión de modelos básicos:

- Modelo tasa de fallos constante (Woodward)
- Modelo de tasa de fallos determinístico (Fabrycky and Blanchard)
- Modelo de tasa de fallos por distribución de Weibull (Willians and Scott)

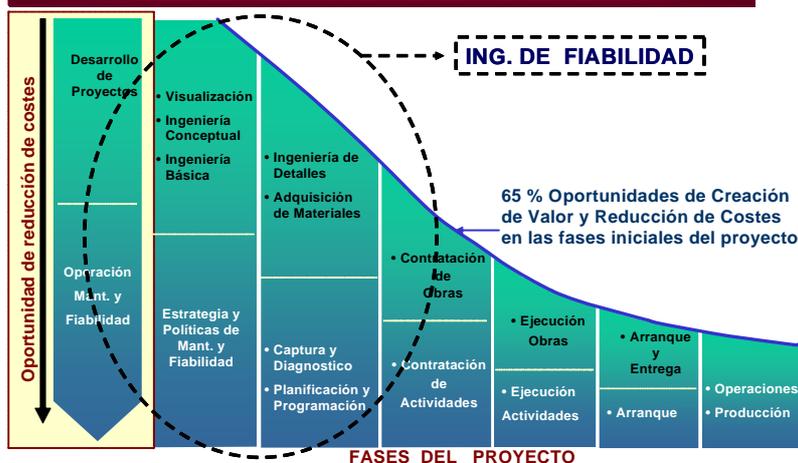
Ejercicio propuesto, modelo de tasa de fallos constante

Limitaciones de los modelos evaluados

Orientaciones futuras (líneas de investigación y desarrollo)

Consideraciones finales

OPORTUNIDADES DE CREACION VALOR EN EL CICLO DE VIDA DEL ACTIVO





REFLEXIONES ACERCA DEL IMPACTO DE LA CONFIABILIDAD EN EL CICLO DE VIDA DE LOS ACTIVOS

- Es muy importante que podamos definir e identificar los distintos factores que influyen en la **Confiabilidad** de un activo (calidad del diseño, tecnología utilizada, complejidad técnica, frecuencia de fallos, costes de mantenimiento preventivo/ correctivo, niveles de mantenibilidad y accesibilidad), ya que estos aspectos, tienen un gran impacto sobre el coste total del ciclo de vida del activo, e influyen en gran medida sobre las posibles expectativas para extender la vida útil de los activos a costes razonables.

- Finalmente, hay que tener en cuenta, que los métodos de ACCV tienen sus características particulares, ya que es imposible desarrollar una metodología única de ACCV que cubra todas las expectativas y exigencias técnicas. Sin embargo, es necesario incluir dentro de las metodologías actuales de ACCV, modelos que permitan estimar el **impacto de la Confiabilidad**, con el fin de poder disminuir el nivel de incertidumbre en el proceso de evaluación de los costes totales esperados en el ciclo de vida útil de un activo de producción.

Gracias por su atención.....

