



## OPTIMIZACIÓN EN MANTENIMIENTO

**Entrenamiento en técnicas avanzadas para optimizar el  
reemplazo de componentes e inspección de equipos**

## OPTIMIZACIÓN DE MANTENIMIENTO

### Entrenamiento en técnicas avanzadas para optimizar el reemplazo de componentes e inspección de equipos

#### INTRODUCCIÓN

##### Decisiones en mantenimiento

Habitualmente los profesionales de mantenimiento en las empresas, deben resolver las siguientes preguntas durante su trabajo de planificación de mantenimiento:

- Qué tipo de mantenimiento debo realizar a este equipo o componente?
- Cuál es el intervalo más adecuado para cambiar o intervenir el componente?
- Qué tipo de parada debo realizar para intervenir todos los equipos?
- Cuál es la mejor relación costo total de mantenimiento y fiabilidad?
- Otras similares

Frecuentemente los profesionales de mantenimiento, no cuentan con herramientas para tomar decisiones óptimas sobre estos aspectos o sus instrumentos son simples para resolver situaciones más complejas como las anotadas. Es habitual acudir a las recomendaciones de fabricante, experiencia de personas conocedoras de los asuntos técnicos del equipo o emplean tratamientos estadísticos sencillos, debido a que la mayoría de los módulos de mantenimiento de los sistemas corporativos de información, no cuentan con instrumentos potentes para este tipo de trabajos de ingeniería de mantenimiento.

Este seminario tiene el propósito de presentar métodos para optimizar la planificación de mantenimiento, establecer políticas de reemplazo y formular planes de mantenimiento, desde la óptica de la “Ingeniería de Mantenimiento y Métodos Cuantitativos” para la construcción de un Mantenimiento Excelente.

#### NUESTRA PROPUESTA

**Apsoluti** Group, S.L. ofrece a los profesionales de mantenimiento de su empresa, soluciones avanzadas para la toma de decisiones sobre reemplazo y optimización del mantenimiento de equipos e instalaciones. Empleamos tecnología estadística de primer nivel, software altamente especializado y apoyamos con profesionales con formación de primer nivel (PhD o MsC), la forma de mejorar los resultados del negocio de mantenimiento, a través del desarrollo conjunto de proyectos de optimización de los planes de mantenimiento, optimización de tiempos de reemplazo de componente y optimización económica del mantenimiento preventivo.

## Transferencia de tecnología

Además de ayudarles a resolver situaciones de mantenimiento, transferimos conocimiento *Leading Edge* a sus ingenieros, en técnicas cuantitativas para la planificación eficaz del mantenimiento preventivo y métodos avanzados para la optimización de mantenimiento. Ofrecemos información impresa de gran calidad, servicios de consulta virtual, talleres muy prácticos orientados a las características específicas de sus instalaciones.

### Nuestras opciones tecnológicas para la optimización del mantenimiento

A continuación describimos los modelos de optimización de mantenimiento más habituales en nuestro trabajo consultor que podríamos llegar a utilizar:

#### 1. Modelos de decisión óptima de reemplazo:

Los problemas de reemplazo de partes de equipos son de distinta naturaleza, dependiendo del enfoque como se analice la forma como se desarrolla el deterioro y los fallos de los sistemas, equipos o componentes. Los modelos más realistas son los de naturaleza estocástica, en donde considera que la forma como ocurren los fallos y se desarrolla el deterioro es incierto y están asociados a eventos aleatorios y por lo tanto, tienen un comportamiento probabilístico. Este comportamiento probabilístico, depende de múltiples factores que se pueden controlar pero no completamente, estos factores están asociados a:

- a. Condiciones de operación de los sistemas y equipos.
- b. Las políticas de mantenimiento.
- c. Restricciones presupuestales.

#### 2. Estrategia tecnológica para la optimización de mantenimiento y reemplazos

Dependiendo de estos factores, se pueden desarrollar distintos modelos de optimización de mantenimiento y reemplazo.

#### 3. Modelos de optimización de tiempo de reemplazo (planificado)

Los sistemas o equipos cuando son nuevos, operan bajo condiciones de alta eficiencia. Cuando ellos tienen un tiempo de uso, se van deteriorando y esto hace que el costo de operación se incremente con el uso. Bajo estas circunstancias, se hace económicamente justificable realizar reemplazamiento de sistemas o partes. Por lo tanto, se hace deseable establecer una política óptima de reemplazo, la cual minimiza la suma de los costos de operación y de reemplazo (por unidad de tiempo). Este tipo de modelos tiene el objetivo de determinar los intervalos óptimos entre reemplazamientos que minimiza el costo total esperado de operación y de reemplazo. Este modelo tiene la característica de que no considera la posibilidad que debido a causa de un fallo, se tenga que realizar un reemplazo, no planeado.

#### 4. Modelos de optimización de tiempo de reemplazo preventivo de componentes sujetos a fallos

En este caso se toma en cuenta dentro del proceso de optimización, los costos generados por reemplazo preventivo más los costos generados por reemplazo por fallas, pero adicionalmente se involucra el factor aleatorio de los fallos del sistema, mediante la teoría de renovación, porque este va a determinar los reemplazos por fallos, este factor aleatorio está siendo afectado por el

comportamiento probabilísticos de los fallos, y al mismo tiempo, está siendo afectado por las políticas de mantenimiento, que se tenga definida en el sistema (pero que explícitamente no se involucra en este modelo).

**5. Modelos de optimización del tiempo de reemplazo preventivo de componentes sujetos a fallos, considerando los tiempos que requiere estar fuera de operación durante los reemplazos de fallas y preventivos.**

Este modelo es similar al anterior, en vez de asumir que los reemplazos por fallos y preventivos se realizan inmediatamente, se consideran los tiempos requeridos para hacer estos reemplazamientos, se minimiza el costo esperado del reemplazamiento por unidad de tiempo.

**6. Modelos de optimización de los intervalos de reemplazos preventivos de componentes, sujetos a fallos, que minimizan el tiempo fuera de operación.**

En algunos casos debido a que es difícil estimar los costos o se desea maximizar la utilización de los equipos, en tal caso las políticas de reemplazo, requieren minimizar el tiempo total fuera de operación por unidad de tiempo o equivalente a minimizar la disponibilidad.

**7. Modelos de optimización de intervalos de reemplazo preventivos de grupo de componentes sujetos a fallos.**

En ocasiones, por economías de escala, los costos de reemplazo resulta menos, reemplazando un grupo de componentes similares en vez de reemplazar componentes individuales. El modelo se parte del supuesto, que un gran número de componentes similares están sujetos a fallos, si una falla se reemplaza todo el grupo de componentes.

**8. Modelos de optimización de intervalos de reemplazo multi etapa.**

La estrategia de reemplazo multi etapa se realiza cuando existen grupos de componentes similares y puede ser dividido en subgrupos de componentes que dependen del costo de reemplazo, de la parte que falla.

**9. Modelos de optimización basados en requerimientos de recursos de mantenimiento.**

Estos modelos tienen otro enfoque metodológico, ellos buscar optimizar el número de equipos operando y que permitan optimizar la fluctuación de las cargas y así minimizar el costo total del sistema. En este modelo se involucra los modelos de colas.

**10. Modelos de optimización de políticas de mantenimiento y reemplazo sujeto a restricciones de recursos.**

En ocasiones debemos considerar modelos más complejos donde simultáneamente se busca encontrar políticas óptimas de mantenimiento y reemplazo, en este caso las funciones de optimización son mucho más complejas, debido a las restricciones introducidas dentro del modelo. Las funciones de costos incluyen los costos asociados simultáneamente de acciones de mantenimiento y reemplazamiento, así como costos asociados a los fallos.

En estos modelos se considera un sistema con  $N$  componentes reparables y sometido a deterioro, cada componente se asume que tiene una tasa de fallos regido bajo un modelo probabilístico, el modelo más común es aquel donde las fallas ocurren bajo un proceso de Poisson no homogéneo. El modelo busca programar futuras acciones de mantenimiento y reemplazos para cada componente dentro de un periodo determinado, de tal forma que el

periodo es subdividido un número determinado de intervalos discretos, de tal forma que al final de cada periodo, se desarrollan acciones de mantenimiento, reemplazo u otras acciones, estas acciones se pueden suponer que se realizar en forma inmediata o pueden generar retrasos en la operación del sistema, de esta forma podemos formular varios tipos de modelos.

1. **Modelo de optimización de mantenimiento y reemplazo, que minimiza el costo total (mantenimiento, reemplazo y falla) sujeto a restricciones de confiabilidad.** La restricción es minimizar el riesgo de fiabilidad del sistema dentro de un horizonte de planificación, de acuerdo a una estructura de fiabilidad del sistema. Este modelo es de programación no lineal entera.
2. **Modelo de optimización de mantenimiento y reemplazo, que maximiza la fiabilidad del sistema y está sujeto a restricciones de presupuesto.** Este es un modelo de programación dinámica estocástica.
3. **Modelo de optimización de mantenimiento y reemplazo, multi-objetivo.** Este busca optimizar dos funciones: minimizar el costo total y maximizar la fiabilidad del sistema. Es un modelo de programación entera multi-objetivo, optimizada a través de heurísticas complejas o algoritmo genéticos.

Esta lista anterior representa los modelos utilizados por nuestro Centro de Tecnología para la Optimización de Mantenimiento, siendo estos los modelos fundamentales de nuestro trabajo consultor. A partir de estos y para situaciones especiales de su fábrica o recursos físicos, podremos construir modelos más avanzados o con restricciones específicas de los sistemas que su empresa posee.

## SOFTWARE

En Apsoluti Group S.L. empleamos diversos programas para el desarrollo de nuestro trabajo consultor y de formación avanzada para ingenieros de mantenimiento. Los siguientes productos los utilizamos para los estudios para clientes:

- Lingo – Planificación dinámica estocástica
- Programación matemática para mantenimiento
- Programas para algoritmos genéticos
- Statistica for Windows
- SPSS y Minitab
- Desarrollos propios en lenguaje “R” y Matlab

## Desarrollo de modelos de optimización de mantenimiento

Esta etapa se desarrollará a través de la metodología de proyectos. Seleccionaremos inicialmente una instalación crítica para la operación del negocio y sobre esta instalación realizaremos los siguientes trabajos de ejecución:

1. Preparación de listado de clasificación de equipos por el impacto a las métricas (PQCDSM – productividad, calidad, costos, entregas, seguridad, motivación y medio ambiente).
2. Preparación de base de datos de las averías clasificadas en por lo menos en seis formas diferentes para poderlas estratificar y tratar estadísticamente.

3. Caracterización del comportamiento histórico de los fallos y averías de los equipos
4. Caracterización de los sistemas de los equipos
5. Preparación de alternativas de modelos para la optimización dinámica
6. Correr el modelo y validar resultados
7. Presentar y aprobar alternativas nuevas de planificación del mantenimiento

Este estudio se ha previsto realizarlo entre dos y tres meses para una instalación piloto. Este trabajo de modelamiento se considera la preparación del modelo general de la línea y de los equipos críticos que integran la línea. Emplearemos algunas técnicas TPM incluidas en el paso tres de mantenimiento planificado como complemento del estudio.

Nota: durante esta fase los ingenieros de su empresa asignados a cada proyecto de optimización, deberán recibir instrucción sobre métodos cuantitativos para mantenimiento, teoría de fiabilidad, modelos estadísticos e introducción a la optimización de decisiones de mantenimiento. Proponemos realizar un entrenamiento en aula complementario al trabajo práctico; este entrenamiento se incluye dentro de la valoración económica del proyecto y tiene una duración de 32 horas en total.

### **Diseño y desarrollo de nuevos planes de mantenimiento**

En esta etapa, tomando los inputs de las etapas uno y dos, procederemos a diseñar planes de mantenimiento y preparar estándares de políticas de mantenimiento y sus correspondientes rutas. Para esto, se considerarán los datos históricos del comportamiento de equipos (MTBF), información suministrada por fabricante, estudios RCM o AMFE anteriores, modelos de comportamiento de averías y por supuesto, los output de los trabajos de optimización dinámica.

### **Implantación de planes**

Se busca en esta fase cargar en el sistema de información los planes establecidos en la etapa de diseño, con el propósito de ponerlos en marcha y verificar su efecto. Además, se realizará entrenamiento para los profesionales técnicos de mantenimiento sobre los nuevos métodos de trabajo estandarizado del sistema de mantenimiento. Estimamos la duración de esta etapa en cuatro meses.

### **Seguimiento de los planes de mantenimiento**

Proponemos realizar un seguimiento mensual durante tres meses para validar las decisiones tomadas y cuantificar económicamente los beneficios de los proyectos implantados. Programaremos una visita mensual de dos días durante estos tres meses.

## **EQUIPO HUMANO**

Esta propuesta estará a cargo del siguiente equipo consultor experimentado en la implantación de proyectos con similares características:

Director técnico del proyecto: Sr. Héctor Álvarez Laverde. Responsable del manejo tecnológico del proyecto, modelamiento y análisis de información.

Un poco de su trayectoria profesional:

Hector René es Doctor Ingeniero Industrial (Ph.D) en aplicaciones industriales de la estadística. Maestría en estadística y gestión de producción. Licenciado en Matemáticas. Realizó estudios de tecnología para la calidad en mantenimiento con la JUSE en Tokio. Realizó entrenamiento en las plantas de Fuji y Xerox en Japón. Consultor experto en modelos matemáticos y métodos cuantitativos para mantenimiento. Ha asesorados entre otras las siguientes corporaciones Toyota Europa, Mediapro España, Belcorp Perú, Mikel y Costa de España, Pirelli Argentina y otras. Ha colaborado como instructor en programas master de mantenimiento.

## **INFORMACIÓN ADICIONAL**

Secretaría  
Sra. Ana Isabel Franco  
info@apsoluti.es  
La Forja 78, 1-1  
08021 Barcelona