

¿Cómo mejorar la Confiabilidad de un Sistema Complejo?

Autora:
Carolina Altmann

El presente trabajo aborda el problema concreto de cómo aumentar la confiabilidad a un sistema complejo que ya se encuentra en operación, desde la perspectiva de la Confiabilidad Operacional, para los casos de maquinaria pesada y de Industria de Procesos.

Luego de una introducción a los tipos de Estrategias de Mantenimiento y modos de falla, se presenta un Plan paso a paso, para lograr aumentar la Confiabilidad.

1. Estrategias de Mantenimiento

- La *función del Mantenimiento*: es asegurar que todo Activo Físico continúe desempeñando las funciones deseadas.
- El *objetivo de Mantenimiento*, es asegurar la competitividad de la Empresa, garantizando niveles adecuados de la Confiabilidad y Disponibilidad de los equipos, respetando los requerimientos de calidad, seguridad y medioambientales.
- *Confiabilidad*: probabilidad de que un determinado equipo opere bajo las condiciones preestablecidas sin sufrir fallas.

1.1 Mantenimiento Preventivo

Se caracteriza por Intervenciones a intervalos fijos, para sustituir y/o reparar componentes.

La frecuencia de las intervenciones, en general se determina en base a las recomendaciones del fabricante, y por los propios registros históricos, y se puede programar por tiempo calendario, tiempo de funcionamiento: número de ciclos, horas de funcionamiento, kilómetros recorridos, piezas producidas, etc.

La principal desventaja es que no asegura niveles de confiabilidad, y al mismo tiempo genera sobre costo por sustitución de partes, que aún se encontraban aptas para el servicio, en repuestos y materiales, lubricantes, mano de obra, y tiempo de indisponibilidad de equipos.

1.2 Mantenimiento Predictivo y Monitoreo de Condición

Se enfoca a los síntomas de falla, utilizando distintas técnicas:

- Inspecciones de maquinaria
- Medición de desempeño
- Análisis de lubricantes
- Análisis de vibraciones
- Ensayos no destructivos: radiografías, ultrasonido, termografía
- Análisis de corriente en máquinas eléctricas.

El mayor beneficio, es lograr una alerta temprana, de manera de programar una intervención correctiva, lo cual genera una disminución de las fallas catastróficas, y un consecuente aumento de la disponibilidad.

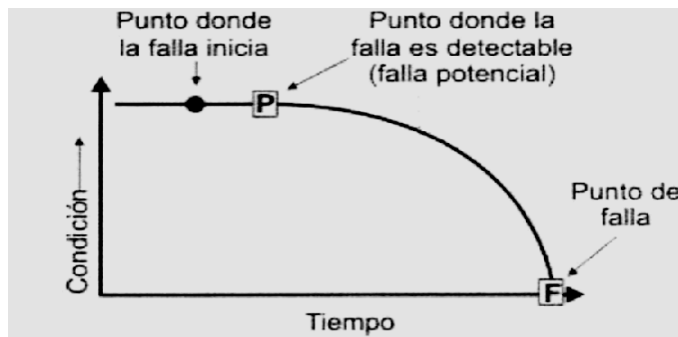


Figura I: Intervalo P – F.

Período P-F: Es el Intervalo de tiempo entre que se detecta la falla potencial y se convierte en una falla funcional.

La detección temprana, permite:

- Tomar acciones para evitar las consecuencias de la falla.
- Planificar una acción correctiva, de manera de disminuir las pérdidas de producción, y disminuir el lucro cesante.
- Tomar acciones para eliminar la causa de falla.

Ante una misma falla, cada técnica de monitoreo tendrá su intervalo P-F característico, y que determinará la frecuencia óptima de inspección.

Cada técnica posee su campo de aplicación, donde es mayor su poder de detección, así como también la aplicación combinada de varias técnicas puede potenciar y complementar su eficacia.

Por ejemplo, en el caso de cajas de engranajes, tanto se puede aplicar el monitoreo de condición, a través de análisis de vibraciones, como por análisis de aceite, pero indudablemente el análisis de aceite permitirá detectar, una falla en forma más temprana, que el análisis de vibraciones, ya que en general el aumento en la tendencia de contenidos de desgaste se pondrá de manifiesto, antes que el equipo alcance niveles de vibraciones anormales.

Para cada caso, hay que seleccionar la técnica más apropiada que posea el intervalo P-F más conveniente, y diseñar la frecuencia de monitoreo de forma adecuada, de manera que existe un intervalo de tiempo tal, que siempre permita programar y ejecutar una intervención correctiva, cuando es detectada una falla potencial.

Un correcto Plan de Monitoreo de Condición requiere establecer dos tipos de alarmas:

- Alarmas Absolutas
- Alarmas Estadísticas

Las alarmas absolutas son límites condinatorios, en algunas ocasiones, son suministrados por el propio fabricante del equipo, o pueden estar dados por una

norma, en el caso de valores globales de velocidad de vibración, está dado por la norma ISO 10816/1.

En cambio, las alarmas estadísticas, son tendencias que están basadas en los propios valores históricos registrados del equipo.

Es importante mencionar que ni el Mantenimiento Preventivo, ni el Monitoreo de Condición intervienen sobre la Causa de la Falla, por lo tanto no afectan la Tasa de Fallas y la Confiabilidad del equipo.

1.3 Mantenimiento Proactivo

A diferencia de las estrategias descritas anteriormente, el Mantenimiento Proactivo, se enfoca a eliminar y/o disminuir las consecuencias de las fallas, y a extender la vida útil de las máquinas, buscando eliminar o minimizar las causa de falla.

Utiliza básicamente las mismas herramientas que el Monitoreo de Condición.

2. Modos de falla y análisis de consecuencias (FMEA)

La definición de la función deseada de un Activo, define los objetivos de Mantenimiento respecto del mismo, y el tipo de Estrategias de Mantenimiento que se aplicarán.

Dos activos iguales, en distintas condiciones operativas o con distintos regímenes operativos, pueden estar sujetos a distintas Estrategias de Mantenimiento.

Un *modo de falla* es un evento que causa una *falla funcional* o pérdida de función.

Una vez que se ha identificado el modo de falla, hay que analizar qué pasa cuando ocurre, es decir las consecuencias en el activo y decir qué se hace para anticipar y prevenir, corregir o detectar la falla o rediseñar el equipo.

Puede suceder que diferentes modos de falla pueden generar iguales síntomas.

Los modos de falla son causados por:

- Desgaste y deterioro
- Errores humanos en la ejecución de las tareas de Mantenimiento, y/o en la operación del equipo
- Problemas de diseño.

Realizar éste análisis permite seleccionar la estrategia más adecuada.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), utiliza el Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (FMEA), dentro de un procedimiento para encontrar el Plan de Mantenimiento más costo-eficaz que asegure la Confiabilidad mínima requerida por la Empresa, dentro del contexto operativo particular.

Tal como lo señala Moubray en su libro RCM2, existen 6 patrones de falla en la maquinaria actual.

A continuación está graficada la probabilidad de falla en función de la edad operacional. En los casos A, B y C se observa que la probabilidad de falla aumenta con la edad operacional, éste comportamiento es consecuencia del desgaste y se presenta en componentes que están en contacto directo con algún fluido. En cambio los patrones D, E, y F no presentan relación alguna entre la confiabilidad y la edad operacional, más propios de componentes electrónicos y eléctricos.

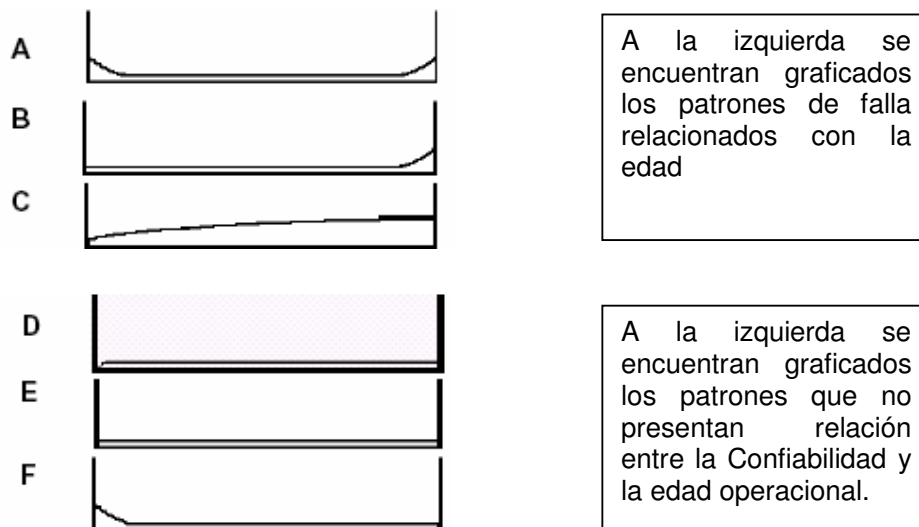


Figura N° 2. Patrones de falla, según Moubray

Las consecuencias de falla describen lo que pasa cuando ocurre un modo de falla, el objetivo de éste análisis es establecer si es necesario realizar un Mantenimiento Proactivo, dependiendo de las consecuencias operacionales o de Seguridad que tenga el modo de falla.

En ésta medida, se puede mencionar el *Mantenimiento Proactivo*, es aplicable únicamente cuando existen Modos de Falla relacionados con:

- La Edad Operacional
- Errores humanos
- Problemas de diseño

En los equipos o componentes, tal como son la mayoría de los componentes eléctricos y electrónicos, la falla se presenta, sin que haya ninguna característica, detectable que se puede monitorear, que indique un indicio de la misma.

Estos son los casos, en que no es aplicable, ni el mantenimiento preventivo, ni el predictivo, ni el proactivo, únicamente será útil aplicar un mantenimiento detectivo; es decir inspecciones orientadas a detectar la presencia o no de fallas en el sistema o componente.

Ninguna tarea de Mantenimiento podrá modificar la tasa de fallas de éstos ítems, que poseen una confiabilidad inherente de diseño, en general constante a lo largo, de gran parte de su vida útil, caso modos de fallas: D, E y F.

De acuerdo al tiempo para la falla característico de cada uno éstos componentes, se tendrá que dimensionar la frecuencia de las inspecciones detectivas.

Tal como, se mencionaba anteriormente, de acuerdo a las consecuencias de la falla, se tendrá que evaluar incorporar un sistema o equipo redundante, si dichas consecuencias, son intolerables desde el punto de vista de:

- La seguridad de las personas
- El impacto en el medioambiente
- La seguridad de los equipos y/o instalaciones

3. Confiabilidad de un Sistema

Tanto los equipos móviles, como las líneas de producción, en las Empresas de Proceso, tienen la peculiaridad, de poseer varios componentes o subsistemas operando en serie, de modo que la falla en cualquier ítem que compone el equipo o línea de producción, genera una detención del Sistema.

La confiabilidad de un Sistema en serie, compuesto por n equipos, es el producto de las confiabilidades de los distintos ítems que constituyen dicho sistema, por lo tanto, la Confiabilidad del sistema es menor o igual que la Confiabilidad de cualquier equipo que lo compone.

$$C_{sistema} = \prod_{i=1}^{i=n} C_i$$

Un equipo pesado, es un sistema complejo formado por decenas de subsistemas, operando simultáneamente, tales como: motor diesel, transmisión, sistema hidráulico, sistema neumático, sistema eléctrico, sistema de control, entre otros, los cuales a su vez están formados por cientos de componentes.

Análogamente, una línea de producción, también es un sistema en serie formado por decenas de equipos, operando uno a continuación de otro.

Cada componente o subsistema, poseerá su propio patrón de fallas característico.

Se puede medir la Confiabilidad del Sistema, a través del Tiempo Medio Entre Fallas, y analizar su evolución, observando particularmente su variabilidad.

4. Estrategias para mejorar la Confiabilidad de un Sistema

El objetivo de Mantenimiento es *asegurar la competitividad de la Empresa*, en esa medida es necesario aumentar la confiabilidad de los equipos; es decir disminuir la cantidad de fallas que generan interrupciones no programadas, de manera de poder entregar la disponibilidad requerida por operaciones.

A la hora de llevar a cabo un **Plan de Mejoramiento de la Confiabilidad**, se debe recordar el concepto de la *Confiabilidad Operacional (CO)* es decir: la capacidad de una Instalación o un sistema integrado por: procesos, tecnología, y gente para cumplir su función dentro de los límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

La *Confiabilidad Operacional* está determinada por los siguientes factores:

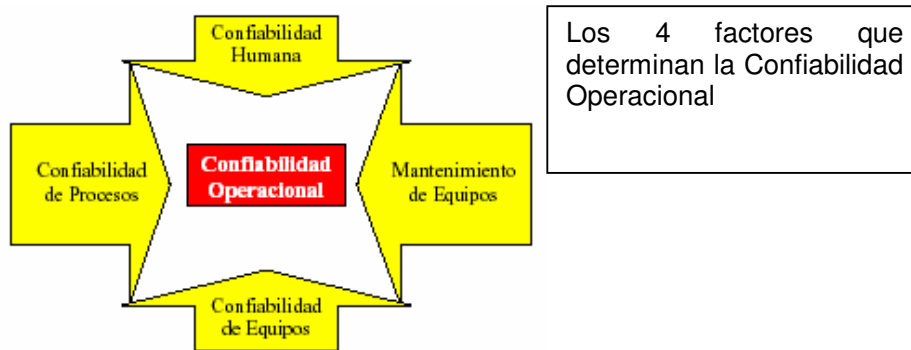


Figura N° 3. Factores que determinan la Confiabilidad Operacional

El primer paso para llevar a cabo un Plan de Mejoramiento de la Confiabilidad, es realizar un **Análisis de Criticidad**, en base al cual se seleccionaran los equipos que se incluirán dentro del Plan.

Para elaborar la Matriz de Criticidades, se tendrán que considerar y ponderar, los siguientes factores, de acuerdo a la realidad de cada empresa.

- Disponibilidad y Confiabilidad requerida, para el sistema y cada equipo.
- Impacto de la Falla, en la Seguridad, de las personas e instalaciones
- Impacto de la Falla, en el medioambiente
- Impacto operacional: pérdidas por lucro cesante, multas, pérdidas de materia prima, pérdidas de producto semielaborado, pérdidas de producto terminado, horas hombre, consumo eléctrico.
- Restricciones del proceso, en que está inmerso el equipo.
- TMPR: Tiempo Medio para reparar
- Costo de reparación

Para éste conjunto de equipos, es necesario llevar adelante un **Análisis de la situación actual**, es decir por un lado, relevar las **condiciones actuales en las que se desarrolla su operación**, es decir:

- Régimen operativo: cantidad de horas de operación, régimen continuo, o discreto.
- Condiciones operativas, presencia de medio ambiente contaminante y/o corrosivo.
- Capacidad máxima de producción de cada uno de los equipos

Al mismo tiempo, es importante analizar la **situación actual**, a través de las tendencias de distintos indicadores, tales como:

- Disponibilidad del sistema
- Confiabilidad del Sistema
- Disponibilidad de cada equipo y componentes
- Confiabilidad de cada equipo y componentes.

Para el análisis detallado de la variabilidad del Tiempo Medio Entre Fallas, del sistema y de cada uno de los componentes, es conveniente utilizar siempre un período de por lo menos un año.

En general, en Sistemas Complejos, se estará frente a una gran oportunidad de mejora, cuando se observe gran dispersión en el indicador de TMEF.

Luego de evaluar la situación actual, el siguiente paso es realizar una **Revisión del Plan de Mantenimiento**, de cada componente, y cada equipo, que constituyen el Sistema.

Para determinar la Estrategia de Mantenimiento más conveniente a aplicar en cada equipo, se tendrá que realizar un:

- Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos (FMEA), tal como ya se mencionó anteriormente, es una técnica para analizar los tipos de falla que presenta un equipo.
- Análisis de las Consecuencias de Falla, en el propio componente, en el equipo al que pertenece, y en el Sistema mismo.
- Estudio de las ventanas de tiempo disponible, de acuerdo a la Planificación de las Operaciones, para realizar las intervenciones de Mantenimiento, con equipo detenido.

Durante la etapa de Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos (FMEA), se puede presentar la oportunidad de potenciar su alcance, mediante la aplicación de la técnica de Análisis de Causa Raíz (RCA).

Como ya es sabido, una falla es advertida porque genera ciertas manifestaciones o síntomas, pero no así la causa de falla, ya distintos modos de fallas, pueden generar las mismas consecuencias en el activo.

Esto lleva en muchos casos a actuar sobre las consecuencias y no sobre la raíz del problema, de modo que la falla vuelve a repetirse una y otra vez.

El análisis de Causa Raíz es un proceso estructurado de deducciones lógicas que permite graficar las relaciones causa-efecto que conducen a descubrir el evento indeseable o causa raíz.

Realizar el Análisis de Causa Raíz a fondo, implica ir más allá de los componentes físicos de la falla o *raíces físicas* y analizar las acciones humanas o *raíces humanas* que desataron la cadena causa –efecto que llevó a la causa física, y analizar el por qué de las acciones, lo cual puede sacar a la luz *raíces latentes*, que están relacionadas con la Confiabilidad de los Procesos.

Por todo lo anterior, la aplicación combinada del RCA y el FMEA, puede generar un importante aumento de la Confiabilidad, al identificar y eliminar las fallas repetitivas de equipo que ya se encuentra en operación.

En la etapa de Revisión del Plan de Mantenimiento de cada equipo, se seleccionarán las Estrategias de Mantenimiento, tales que aseguren la Confiabilidad requerida, con la mejor relación costo-eficacia

Aquí, técnicas tales como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM2), pueden aportar un Completo análisis estructurado y detallado de las fallas funcionales, y sus consecuencias, que permitirán justificar la aplicación de las distintas estrategias.

Una vez que se haya elaborado el nuevo Plan de Mantenimiento, se podrá comparar con el actual. Esto permitirá observar dónde estaban las brechas más importantes, y dónde se presentan mayores oportunidad de mejora: aumento de confiabilidad y disponibilidad, disminución de costos.

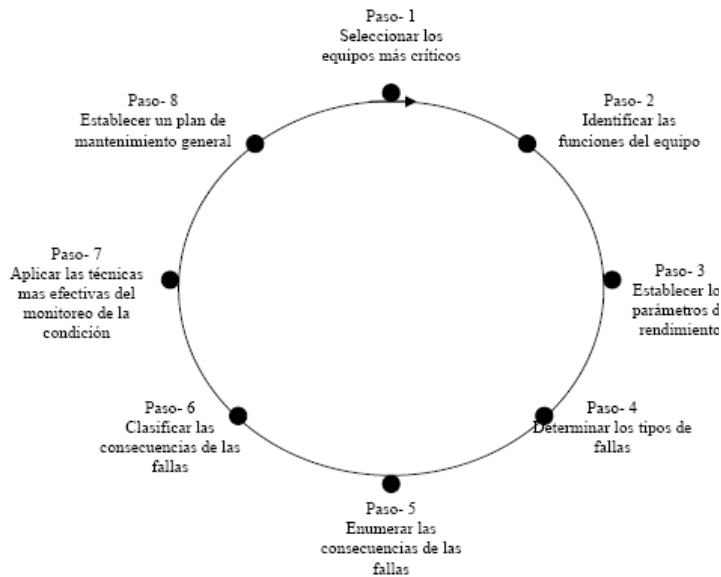


Figura N° 4. Etapas para la Revisión del Plan de Mantenimiento.

Resumiendo: los tres pasos descritos anteriormente, están orientados, a lograr una mejora en la Confiabilidad y Mantenibilidad del Equipo, pero éstos, no son los únicos factores los que afectan a la Confiabilidad Operacional.

Por esto último, es que se debe analizar aspectos relativos a la **Confiabilidad del Proceso y la Confiabilidad Humana**:

- Grado actual de motivación e involucramiento, del personal de operativo y de Mantenimiento.
- El grado actual de entendimiento y cumplimiento de los procedimientos operativos, fundamentalmente detallando la operación dentro de parámetros, sin generar sobrecarga en los equipos.
- El nivel actual de capacitación de los Técnicos de Mantenimiento.
- Evaluación y reconocimiento, y planes de desarrollo de los Técnicos de Mantenimiento.
- El grado actual de entendimiento y cumplimiento de los procedimientos de Mantenimiento, en caso de que los hubiera.

Esta etapa consiste básicamente, por un lado en una Revisión de los Procedimientos operativos y de Mantenimiento, elaborando instructivos de las tareas críticas, con especificaciones completas de montaje, desmontaje, tolerancias, herramientas especiales requeridas, etc.

Por otro lado, una evaluación de las necesidades de capacitación, de manera de elaborar un Plan de capacitación, y por último una Revisión del Sistema de evaluación de desempeño.

Como ejemplo, se puede recordar el caso, del patrón de falla A, también conocido como curva de la bañera, el cual presenta al comienzo del período de operación, una alta probabilidad condicional de falla, es decir una baja confiabilidad, misma situación ocurre en general, luego de reparaciones mayores o paradas de planta, y está asociado tanto a problemas de calidad, fallas de diseño, como errores humanos.

En general los errores humanos, no son responsabilidad de las personas, sino del propio sistema, y debidos a problemas de:

- Confiabilidad del Proceso: falta de procedimientos claros, o procedimientos incompletos, o carencia de los mismos, o también incluso incumplimiento de los procedimientos. Este último problema asociado a carencias de supervisión y liderazgo.
- Confiabilidad humana: falta de planes de capacitación y desarrollo, falta de sistemas de evaluación y reconocimiento, que generen el grado necesario de involucramiento y compromiso con la tarea.

Al analizar el sistema, se identifican las carencias del mismo, de manera que es posible elaborar un Plan de acción, destinado a mejorar la Confiabilidad del Proceso y Humana.

Una vez, que se ha hecho la Revisión del Plan de Mantenimiento, y el Plan de mejora de la Confiabilidad del Proceso y Humana, sólo resta, planificar y programar su implementación, implementarlo y monitorearlo a través de Indicadores de Control de Gestión, de forma de generar la sostenibilidad, y la mejora continúa.

4.1 Estrategias de Mantenimiento para Equipo Móvil

En el caso de maquinaria pesada o equipo móvil, se puede aplicar el Mantenimiento Proactivo en los componentes que presentan patrones de falla relacionados con el desgaste.

Específicamente la maquinaria pesada es dependiente de sistemas fluidos, tales como los lubricantes, aceites hidráulicos, refrigerantes, combustibles y aire, los cuáles llevan contaminantes dentro del sistema y los transportan.

El análisis de aceite no sólo va a permitir monitorear el estado de desgaste de los equipos, detectar fallas incipientes en forma temprana, sino también establecer un Programa de Lubricación basado en Condición.

En ésta medida, para el caso de equipo móvil, diseñar e implementar una Estrategia Proactiva en base a Análisis de aceite, generará no sólo un aumento de la Confiabilidad, sino también mayores beneficios, por extensión de la vida en servicio de los equipos y lubricantes.

4.2 Estrategias de Mantenimiento para Líneas de Producción

Para el caso de Empresas de proceso, dentro de un régimen de operación continuo, el Análisis de las ventanas de tiempo existentes o que se puedan generar, para realizar las intervenciones de Mantenimiento, que requieren equipo parado, es un punto muy importante en la Revisión del Plan de Mantenimiento.

Se pueden clasificar las tareas de Mantenimiento en tres clases:

- Tarea con equipo en operación, caso de tareas de Monitoreo de Condición: vibraciones, temperatura, análisis de motores eléctricos, monitoreo de parámetros operativos, etc.
- Tareas que por su duración promedio, pueden realizarse durante las ventanas de tiempo de producción.
- Intervenciones de mantenimiento mayores, de duración mayor, las cuales únicamente podrán ser ejecutadas dentro de una Parada de Planta.

Patrón de falla	TMPR: Tiempo Medio para Reparar	Recomendaciones, en el caso de existir Consecuencias operacionales, o de Seguridad de las personas, o Medioambientales
Relacionados con la edad operacional	Menor que las ventanas de tiempo de producción	Resulta Conveniente aplicar Estrategias Proactivas, y extender la vida útil de componentes.
Relacionados con la edad operacional	Requiere de Intervenciones mayores	Evaluar, de acuerdo a los costos de reparación y de parada de Planta, si se opta por una Estrategia Proactiva o Preventiva.
No relacionados con la edad operacional	Menor que las ventanas de tiempo de producción	Conviene aplicar Monitoreo de Condición y Mantenimiento Detectivo para Sistemas de Control. Si las consecuencias de las fallas, lo justifican, se instalará un equipo o sistema en redundante.
No relacionados con la edad operacional	Requiere de Intervenciones mayores	Se debe evaluar, de acuerdo al costo de parada de Planta, se conviene instalar un sistema redundante,

Para el caso de patrones de falla relacionados con el desgaste, que requieren intervenciones mayores, habrá que realizar una evaluación, teniendo en cuenta:

- Disminución de costos por la extensión de la vida en servicio del componente durante el Ciclo de Vida
- Costo de parada de planta
- Costo de Mantenimiento a lo largo del ciclo de vida, realizando intervenciones preventivas.

Esta evaluación permite realizar la justificación de las Estrategias a aplicar: ¿si se aplica el Mantenimiento Proactivo, o se realiza una reparación preventiva a intervalos fijos? o ¿si resulta conveniente generar una parada intermedia para realizar la intervención, o incluirla dentro del cronograma de una parada ya existente?

No siempre, se obtiene mayor beneficio al continuar aumentando la disponibilidad, sino hasta lograr los valores requeridos.

La Frecuencia de las Paradas de Planta

Como paso siguiente, se debe analizar, para el conjunto de tareas a ejecutadas durante una parada de planta, la *frecuencia* de intervención, de manera de poder definir la frecuencia de parada de planta óptima: una frecuencia tal, que *minimice en el Ciclo de Vida*:

- Los costos de mano de obra requeridos para las intervenciones
- Los costos de materiales debidos a sustitución o reparación de los componentes, que aún se encontraban en condiciones.
- El costo de planta parada.

También es muy utilizada la técnica de Inspección Basada en Riesgo (RBI), para determinar el intervalo optimo entre inspecciones.

En ésta etapa, es fundamental el análisis del Tiempo Medio Entre Fallas del sistema y los componentes, así como observar su variabilidad, prestando especial atención a la dispersión que presentan los componentes o equipos que requieren intervenciones a planta parada.

Indudablemente cualquier parada no programada, para realizar una intervención correctiva, va a tener un impacto operacional y un costo muy elevado.

La cantidad de paradas No Programadas, está relacionada con la dispersión del Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF) de un equipo. Para poder disminuir dicha

dispersión, se deberá analizar su historial de reparaciones, los componentes afectados y sus patrones de falla. En mayoría de los casos, la variabilidad en los tiempos de operación sin fallas, estará debida a la presencia de fallas repetitivas, errores de montaje, malas prácticas de Mantenimiento, y falta de capacitación del personal de Mantenimiento.

Para estos equipos, conviene aplicar un Programa de Análisis de Causa Raíz (RCA), para identificar y eliminar las causas de fallas repetitivas, generando así, un aumento sostenible de la Confiabilidad y Disponibilidad del Sistema.

Para el caso en que el Análisis de Causa Raíz (RCA) saque a la luz raíces físicas relacionadas con Fallas de Diseño, de Fabricación, o de Calidad, comúnmente el único camino para lograr la mejora de la Confiabilidad, será el REDISEÑO, ya que ninguna intervención de Mantenimiento puede aumentar más allá de la Confiabilidad intrínseca del Equipo.

5. Beneficios

Seleccionar los equipos más críticos, para llevar adelante un Plan de Mejoramiento de la Confiabilidad, permite enfocar los esfuerzos, para obtener más beneficios, en el menor lapso de tiempo posible.

Durante las distintas etapas del Plan, se revisan los distintos factores que afectan la Confiabilidad Operacional (CO), de ésta manera se estará actuando sobre todos los elementos que la determinan.

El realizar el Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos (FMEA), combinado con el Análisis de Causa Raíz, es la gran oportunidad de mejora de la Confiabilidad del Equipo.

La implementación del Plan de Mejoramiento de la Confiabilidad, debe ir de la mano establecer un Plan de mejora continúa. Se deben fijar Objetivos e Indicadores de Control de Gestión de Mantenimiento, a través de los cuales se controla el sistema, y se detectan las desviaciones, de manera de poder programar acciones correctivas para corregirlas.

Una técnica muy eficaz para identificar y eliminar causas de variabilidad de un proceso, es seis sigmas (6σ). Pasada la etapa de implementación de las nuevas Estrategias de Mantenimiento, las cuales automáticamente disminuirán la variabilidad, es posible, aplicar ésta técnica, para disminuir aún más la dispersión del TMEF.

Para el caso de industrias de proceso, se utiliza como panel del control del proceso, el Indicador de Efectividad global de equipos (OEE), que mide la eficacia y eficiencia del proceso, teniendo en cuenta la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.

En general las principales causas de pérdidas, en industrias de proceso, son las siguientes:

- Paradas largas
- Pérdidas de tiempo por cambio de productos y/o procesos
- Paradas cortas
- Pérdidas de tiempo, por trabajar a velocidad menor que la especificada
- Defectos de calidad
- Pérdidas de material durante, la puesta a punto.

Durante la implementación del plan de mejoramiento de la Confiabilidad, se estará actuando sobre varios de los factores que afectan la Efectividad Global de Equipos (OEE), y se logrará un aumento de la Confiabilidad Operacional (CO).

En el caso de empresas de procesos, para lograr un aumento del OEE, resulta conveniente llevar simultáneamente un Plan de Mejora de la Confiabilidad, y Plan de mejora de la Productividad, de forma de actuar sobre los 6 factores principales que generan pérdidas productivas, lo cual va más allá del alcance del presente artículo.

6. Conclusiones

Frente a casos de sistemas complejos, con problemas de baja Confiabilidad, el poder implementar el **Plan de Mejoramiento de la Confiabilidad**, descrito anteriormente y compuesto por las siguientes etapas:

- *Análisis de Criticidad*
- *Análisis de la situación actual*
- *Revisión del Plan de Mantenimiento*
- *Análisis de la Confiabilidad del Proceso, y Confiabilidad Humana*
- *Plan de Implementación*
- *Implementación*
- *Fijación de Objetivos*
- *Seguimiento a través de Indicadores de Control de gestión.*

Permitirá actuar sobre todos los factores que afectan la Confiabilidad Operacional (CO):

- Confiabilidad de Equipos
- Mantenibilidad de Equipos
- Confiabilidad de los Procesos
- Confiabilidad Humana

Generando un importante beneficio para las Empresas, reflejado en los siguientes aspectos:

- Aumento de la **Confiabilidad** de los equipos
- Aumento de la **Seguridad** de las personas e instalaciones.
- Aumento de la **Disponibilidad**, como consecuencia del aumento de las dos primeras
- Aumento de la **Productividad de Operaciones**, al reducir el número de interrupciones no programadas: paradas largas y cortas, defectos de calidad por mal funcionamiento de equipos, pérdidas por disminución de velocidad de producción por fallas o defectos presentes en los equipos.
- Disminución de los **costos de Mantenimiento**, al disminuir las fallas ocasionales y repetitivas
- **Extensión de la vida en servicios de los componentes**, al identificar las oportunidades de aplicación del Mantenimiento Proactivo y las causas latentes relacionadas con operación fuera de los límites de diseño, sobrecarga sostenida, etc. Mediante la aplicación de Análisis de Causa Raíz (RCA).

Bibliografía

- Administración Moderna de Mantenimiento – Lourival Tavares
- El análisis de aceite como herramienta del Mantenimiento Proactivo en flotas de Maquinaria Pesada – Carolina Altmann
- El Análisis de Causa Raíz, como herramienta en la mejora de la Confiabilidad – Carolina Altmann
- Modelos Mixtos de Confiabilidad – Améndola.
- ¿Qué es la Confiabilidad Operacional?, Bernardo Duran. Revista Club de Mantenimiento, Nº 2.
- RCM 2 – J.M Moubray

La autora

Carolina Altmann

Especialista en Mantenimiento, con un Postgrado en Gestión de Mantenimiento, por la Universidad Nacional de Mar del Plata, actualmente en curso.

Amplia trayectoria de 10 años en la Gestión de Mantenimiento de Equipos pesados e Industriales, como Asistente Técnico, Responsable de Planificación y Encargada de Mantenimiento, en importantes Empresas del Uruguay.

Actualmente se desempeña como Ingeniero de Proyectos, en una importante Compañía Multinacional del rubro de la bebida.

Ha dictado conferencias en Congresos de Ingeniería de Mantenimiento en Uruguay y Chile.

Autora de artículos Técnicos sobre: “El Análisis de Lubricantes como herramienta del Mantenimiento Proactivo”, El Análisis de Causa Raíz como herramienta para la mejora de la Confiabilidad, y ¿Cómo mejorar la Confiabilidad de un Sistema complejo?, publicados en distintos sitios especializados en el Mantenimiento.

Miembro de la Comisión Directiva de URUMAN

Coordinadora Regional del COPIMAN, desde Nov-04

Email: caltmann@adinet.com.uy

Cel: + (598) 99 798 732