

## CONFIABILIDAD EN PROCESOS DE AUTOMATIZACION

**PhD. Rocco Tarantino, MSc. Sandra Aranguren**

*Universidad de Pamplona  
Instituto de Investigación y Desarrollo de Tecnología Aplicada.  
roccot@unipamplona.edu.co, aranta2000@cantv.net*

**Abstract:** En el presente trabajo se describe la estrategia de confiabilidad aplicada a los sistemas de Automatización Industrial como parte de un Modelo Integrado de Confiabilidad aplicado a Complejos Industriales. Esta estrategia esta soportada en: la aplicación de políticas de Mantenimiento Basado en Criticidad (MBC), Sistemas para la Detección y el Diagnostico de Fallas (SDDF), y en el uso de tecnologías de medición y control con alto grado de confiabilidad

**Keywords:** Homologación, Protocolos, Confiabilidad, Mantenimiento.

### 1. INTRODUCCIÓN

Hoy día los procesos industriales, siempre orientados hacia el logro del continuo incremento de la confiabilidad operacional, han identificado oportunidades de mejoras relacionadas con la confiabilidad de sus equipos y sistemas de Automatización. Esta identificación puede ser realizada por medio del análisis de tendencia de los indicadores de gestión: Número de fallas (NF) y Dudas Operacionales (DO), los cuales sugieren la reducción progresiva de los mismos. El análisis de las causas que originan estas desviaciones, indica que la obsolescencia de equipos y la deficiencia en la aplicación del mantenimiento preventivo, se encuentran entre las principales causas.

Para el logro de estas oportunidades de mejora, se considera el diseño e implantación de una estrategia de confiabilidad, soportada en: 1.- Políticas de Mantenimiento Basadas en Criticidad (MBC). 2.- Sistemas para la Detección y el

Diagnóstico de Fallas (SDDF). 3.- Tecnologías de Medición y Control con Alto Grado de Confiabilidad. Las Políticas de Mantenimiento, se orientan hacia la optimización de los recursos y están basadas en la evaluación de la criticidad operacional del equipo ó sistema intrínseco al proceso. Una vez evaluada esta criticidad, se procede a la selección de la estrategia de mantenimiento mas apropiada al equipo de Automatización asociado. Una de estas estrategias, es el Mantenimiento Preventivo Basado en Condición (MPBC), la cual se soporta en el monitoreo de las condiciones críticas, por medio de un Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas (SDDF). Así mismo, la homologación de los protocolos bajo la Filosofía (MCC).

Como una acción proactiva y con el propósito de incrementar la confiabilidad de los nuevos proyectos de Automatización, se deben incluir en las Bases de Diseño (BDD), consideraciones tecnológicas que exigen características como: instrumentación robusta con bajo requerimiento de

mantenimiento y capacidad de autodiagnóstico en línea. La aplicación de la estrategia descrita, conlleva al cambio del comportamiento futuro de los indicadores de gestión; se infiere: incremento

del TPPF y del % MP y una disminución de los indicadores NF, DO y TPPR.

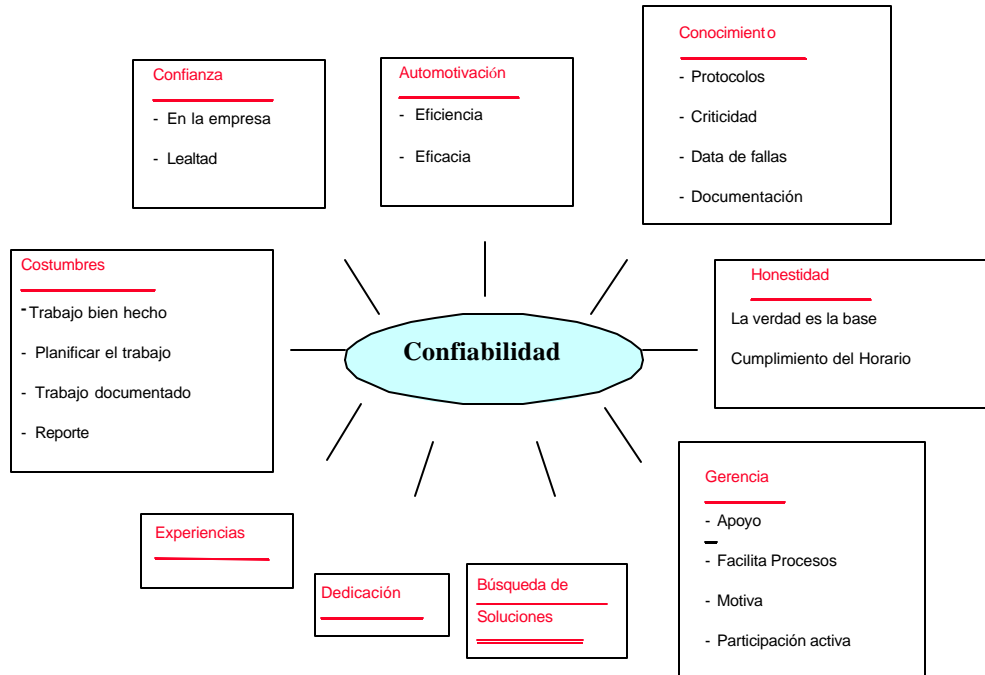


Fig. 1. Factores que contribuyen a la confiabilidad

Este resultado futuro se traduciría en un incremento sostenido de la confiabilidad de los equipos y sistemas de Automatización intrínsecos a los procesos de alta y mediana criticidad operacional. La estrategia, se estima una optimización global del 25 % de la Fuerza Hombre de Mantenimiento de los Sistemas de Automatización.

## 2. EL PROBLEMA

La Confiabilidad de los sistemas en la Industria, esta principalmente clasificada en la confiabilidad intrínseca a la creación en sí del sistema y luego a la confiabilidad en la operación y el mantenimiento del mismo. Esta última, confiabilidad operacional es de naturaleza dinámica y de ella depende la maximización de la productividad y de la vida útil del sistema.

### 2.1 Clasificación de la confiabilidad de los sistemas industriales.

La confiabilidad en los sistemas industriales la

podemos clasificar en:

- **Confiabilidad Intrínseca:**
  1. Conceptualización; redundancias, expansión futura.
  2. Ingeniería; normas, Mantenibilidad, compatibilidad de las partes.
  3. Procura; calidad, manuales, repuestos.
  4. Construcción; normas, documentación.
  5. Aceptación; protocolos, documentación.
  6. Arranque y puesta en producción
  7. Adiestramiento y narrativas.
- **Confiabilidad Operacional:**
  1. Operación; límites operacionales, respetar plan de mantenimiento.
  2. Mantenimiento, protocolos, políticas de mantenimiento, adiestramiento.

## 2.2 Factores Intrínsecos

La confiabilidad busca el cabal cumplimiento de la función para la cual fue concebido un sistema en un periodo de tiempo especificado, sin menoscabo de su vida útil.

### Premisas:

1. Percibimos del sentido común, que Confiabilidad es ausencia de fallas.
2. Las fallas en su raíz, son principalmente causadas por las personas.
3. La prevención-disminución de fallas es posible como resultado del trabajo efectivo de todos.
4. No existe la confiabilidad absoluta. Puede no ser razonable tratar de alcanzarla. El control-manejo de riesgos aceptables debe ser el criterio.

Considerando lo anterior, podemos representar (Fig. 1) los diferentes factores que inciden en la confiabilidad: automatización, conocimiento, honestidad, gerencia, búsqueda de soluciones, dedicación, experiencias, costumbres y confianza.

La debida interrelación entre los diferentes factores, propicia un ambiente apropiado para el incremento de la confiabilidad industrial. Los esfuerzos realizados en mejorar los factores y fortalecer interacciones siempre serán acciones necesarias.

## 3. MANTENIMIENTO SISTEMICO

### 3.1 Factores

En la figura 2, se muestra el proceso de mantenimiento tal como se concibe como proceso de inteligencia sistémico, donde la estrategia para realizar el mantenimiento, la tecnología utilizada en la automatización y la eficiencia del personal son los subprocesos claves para una gestión de mantenimiento confiable.

### 3.2 Estrategia

Soportada en las políticas de mantenimiento basadas en criticidad (MBC), implementación de sistemas de detección y diagnóstico de fallas (SDDF) y revisión de protocolos de mantenimiento (MCC).

### 3.3 Tecnología

El uso de la tecnología triple redundante, autoconfigurable en línea y de alto grado de confiabilidad.

## 3.4 Eficiencia

Este factor está dirigido hacia el cierre de brechas de conocimiento en el personal, dotación apropiada de herramienta para la captura y análisis de eventos y acciones tendientes a mantener un ambiente de automotivación.

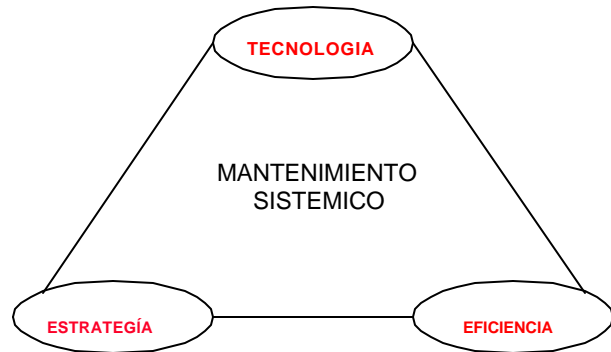


Fig. 2. Filosofía para el incremento de la confiabilidad en sistemas de Automatización.

## 4. ESTRATEGIAS

### 4.1 Políticas de Mantenimiento Basado en Criticidad (MBC)

El mantenimiento basado en criticidad, es una manera sistemática de priorizar el mantenimiento de equipos de un proceso.[1] Esta jerarquía de criticidad considera principalmente los siguientes factores:

- 1.- Flexibilidad Operacional
- 2.- Impacto en Producción
- 3.- Costo de Reparación
- 4.- Ambiente
- 5.- Seguridad
- 6.- Confiabilidad

Para el cálculo de la criticidad de un equipo dentro una planta o sistema, se debe aplicar un criterio determinístico que transforme las características cualitativas de ese equipo (factores del 1 al 6), en un valor numérico que permita clasificarlo objetivamente con relación al resto de los equipos de la planta o sistema.

En la tabla 1 se presentan los tipos de mantenimiento vs. Niveles de criticidad de los equipos. En cada cuadro se describe la obligatoriedad para la ejecución del tipo de mantenimiento y el orden jerárquico ascendente, representa la prioridad relativa de cada tarea. 1: más prioritario; 7: menos prioritario. [2]

Tabla 1. Tabla de Asignación de Prioridades

| CRITICIDAD |                          |                          |  |
|------------|--------------------------|--------------------------|--|
|            | Alta (AC)                | Media (MC)               | Baja (BC)                              |
| MPBC       | Obligatoriedad<br>Si P=3 | Obligatoriedad<br>Si P=4 | Obligatoriedad<br>Si P=Ninguna         |
| MPBT       | Obligatoriedad<br>Si P=5 | Obligatoriedad<br>Si P=6 | Obligatoriedad<br>No si<br>P=Ninguna   |
| MC         | Obligatoriedad<br>Si P=1 | Obligatoriedad<br>Si P=2 | Obligatoriedad<br>Programada Si<br>P=7 |

#### 4.2 Políticas para la Optimización de Recursos Requeridos en la Gestión de Mantenimiento.

- Los recursos para la ejecución de las políticas de mantenimiento deben en primera instancia ser asignados a los equipos/sistemas definidos como de alta criticidad (AC) y mediana Criticidad (MC). El mantenimiento debe ser ejecutado, según el tipo de mantenimiento y la tabla de asignación de prioridades.[3]
- Los sistemas / equipos definidos como de baja criticidad (BC), se les asignara recursos para la ejecución de mantenimiento Correctivo. El orden de prioridad se establece en la tabla de asignación de prioridades. [4]
- La integridad física y funcionalidad de los equipos de baja criticidad, serán revisadas y validada al menos una vez al año para garantizar las condiciones optimas de funcionamiento de dichos sistemas. La revisión de estos sistemas se realizara a través de una lista de verificación.

#### 4.3 Sistemas para la Detección y Diagnóstico de Fallas (SDDF)

La falla de un sistema se define como una ocurrencia inherente al mismo y que impide que este cumpla con su función. El permitir que el sistema no cumpla con su función, nos lleva directamente a afirmar que las fallas también pueden clasificarse de acuerdo al porcentaje de degradación de la misión del equipo/sistema. Estas son: fallas incipientes, fallas potenciales y fallas de pérdida de función. Normalmente las fallas incipientes no son detectables por el operador, sino por sistemas de detección especializados de fallas. Mientras que la presencia de fallas potenciales si son detectables por el operador, sin aún la perdida total de la función. [5]

De acuerdo a la definición anterior, la falla también puede ser representada por medio de la gráfica de la

figura 3, donde el eje X representa el tiempo en que se desarrolla la falla, y el eje Y representa el estado del sistema. Los puntos I, P y F representan la falla incipiente (falla que empieza a producirse), falla potencial (falla que puede ser detectada) y falla total (pérdida de la función), respectivamente. Esta gráfica puede ser utilizada para planificar el mantenimiento preventivo basado en tiempo (MPBT).

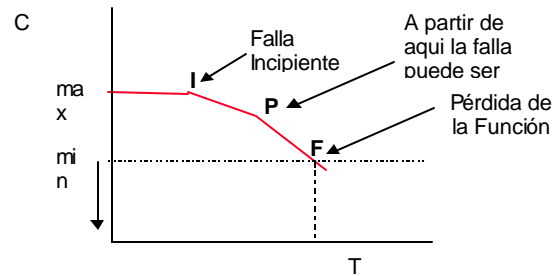


Fig. 3. Representación gráfica de la falla

##### 4.3.1 Mantenimiento Preventivo Basado en Condición:

El mantenimiento preventivo basado en condición es aquel que se realiza como resultado de revisar la función del sistema o equipo, y que la misma revele una desviación del patrón normal o del comportamiento esperado. Esta revisión puede ser automática o manual (Inspección mediante lista de verificación).

En el caso de sistemas de Automatización, la revisión automática se basa en un sistema de monitoreo de las variables críticas, apoyado con un Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas (SDDF).

Esta herramienta permite detectar y diagnosticar fallas incipientes en los componentes de un sistema, utiliza técnicas y métodos estadísticos y/o basados en modelos para su análisis.

En la figura 4, se muestra el Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas dentro del diagrama de bloque del lazo cerrado de control, donde las entradas están dado por la variable controlada  $Y(t)$  y la variable manipulada (OP).

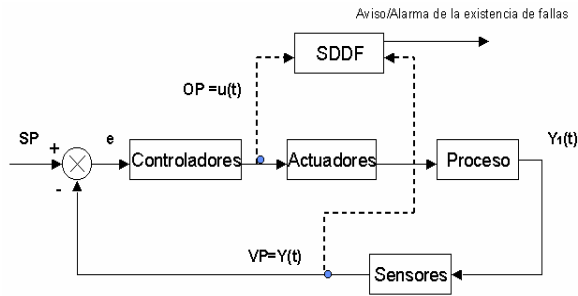


Fig. 4. Diagrama de bloque del SDDF.

El Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas, en su primera fase, utiliza la información proveniente del proceso y específicamente de aquellas variables que dispongan de redundancia física en la infraestructura de monitoreo.

El fundamento del residual físico consiste en aprovechar la redundancia física del proceso. Cualquier discrepancia con significado entre las mediciones indica fallas en los transmisores involucrados. La infraestructura para la implantación requiere de la existencia de al menos dos canales físicamente distintos con algunas consideraciones necesarias como lo son: canales de monitoreo con el mismo rango de medición y tiempo de respuesta similares. Un esquema de implantación del SDDF puede estar basado en los transmisores utilizados en el sistema de control y los utilizados en los sistemas de seguridad, asociados a una misma variable. [6]

Hoy día la aplicación “SDDF” es un sistema informativo que permite monitorear y diagnosticar las fallas incipientes en los instrumentos en planta y alertar a los mantenedores el momento en que las desviaciones alcancen valores no deseados, esto lo realiza por medio de análisis estadísticos. Adicionalmente, tenemos un sistema administrativo que permite ingresar, modificar, eliminar y consultar la información básica, necesaria para la operación del sistema de detección de fallas y sus despliegues interactivos.

## 5. CONCLUSIONES

La gestión de mantenimiento requiere de un proceso inteligente que garantice la confiabilidad de los sistemas de automatización industrial. Este proceso inteligente obedece a un modelo integrado de confiabilidad que fortalezca la interrelación entre: la estrategia utilizada, el soporte tecnológico y la alta eficiencia del personal.

En algunos Complejos Industriales, se han logrado mejoras en los indicadores de gestión con la aplicación de este modelo de confiabilidad.

Se estima que al aplicar los protocolos de homologados bajo la filosofía MCC, una optimización aproximada del 31% de la fuerza laboral empleada.

La incorporación de tecnologías de medición y control, incluyen maximizar el uso de elementos de medición basados en tecnologías radar, ultrasonido, coriolis, vortex, pirómetros, sensores virtuales o basados en modelos, etc.

En el área de control, la aplicación de tecnologías para el manejo de situaciones anormales y el manejo inteligente de alarmas. En el caso de sistemas de control e información, el uso de redes de campo y de sistemas entrelazados bajo protocolos abiertos.

El diseño de sistemas de seguridad, se debe transformar sobre la base de estudios SIL/SIS, siendo el norte la máxima confiabilidad en función de riesgo a mitigar con alto grado de disponibilidad del proceso.

**REFERENCIAS**

- [1]. Curso Root Cause Failure Analysis Methods Reliability Center Inc
- [2]. Carrera, Oquendo y Tarantino (2001.) Metodología para Evaluar Confiabilidad en Instrumentación - Informe Técnico. Intevep
- [3]. CIED (1998, April). Curso de Formación Reliability-Centred Maintenance. Strategic Technologies inc-Aladon Ltd.
- [4]. Tarantino Rocco. (1999, Noviembre). Detección de Fallas en Sistemas Dinámicos Lineales Variante en el Tiempo. Tesis de Doctorado publicada. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Mérida-Venezuela.
- [5]. Aranguren Sandra. (2001, Febrero). Estudio y Diseño de las Normas, Ingeniería, Metodologías y Tecnologías de los Sistemas de Detección y Diagnóstico de Fallas (SDDF), para los Elementos de los Sistemas de Automatización del Centro de Refinación Paraguaná (CRP). Tesis de Maestría. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Mérida-Venezuela.
- [6]. SA-S84.01-1996. (1996, February). Applicable Safety Instrumented Systems for the Process Industries. Publication by ISA Standards and Practices Board.
- [7]. Annual Reliability and Maintainability Symposium. 2002 Proceedings. January. Seattle, Washington USA.

**ANEXOS****ACRÓNIMOS:**

- DO: Dudas Operacionales  
MBC: Mantenimiento Basado en Criticidad  
MCC: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad  
MPBT: Mantenimiento Preventivo Basado en Tiempo  
NF: Número de Fallas  
%MP: Porcentaje de Mantenimiento Preventivo  
SDDF: Sistemas de Detección y Diagnóstico de Fallas  
TPPF: Tiempo Promedio Para Fallar  
TPPR: Tiempo Promedio Para Reparar