

# INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD

## INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de confiabilidad en términos convencionales se hace referencia a un objeto o persona que puede completar sin ningún tipo de inconveniente cualquier tarea encomendada.

Sin embargo al hacer referencia a equipos o sistemas confiables se deben poseer datos concretos que indiquen que el equipo resulta ser funcional con base a comparativos monetarios y sociales, por ejemplo, los elementos que tendrán bajo su responsabilidad la vida de algún individuo o la posible afectación al medio ambiente deberán poseer sin lugar a duda altos niveles de confiabilidad.

Así que se puede decir que la confiabilidad es la probabilidad de que un objeto o sistema produzca algún error durante un lapso de tiempo establecido (definido como tiempo de misión), llevando a cabo actividades bajo condiciones esperadas (nivel esperado de rendimiento)

La ingeniería de confiabilidad ha causado gran revuelo debido a que en el pasado eran utilizadas guías de diseño las cuales no poseían indicadores cuantitativos, hoy en día las decisiones pueden ser soportadas con base a la ingeniería de confiabilidad la cual se fundamenta en criterios económicos

## INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD DEFINICIÓN Y ALCANCES

Al hablar de un sistema u objeto que realizara determinada actividad, se debe determinar qué tan confiable puede resultar su desempeño, la ingeniería mete las manos en este rubro debido a que el personal encargado de las áreas de mantenimiento deberán realizar una proyección de confiabilidad de los equipos

debido a que cuando un equipo resulte ser poco confiable la atención, monitoreo, control y mantenimiento deberá ser más frecuente.

Los estudios más frecuentes que se realizan sobre la confiabilidad son:

- Estimar el tiempo en el cual un equipo puede presentar algún tipo de falla, para así poder realizar un cálculo del tiempo de duración.
- Identificar el tiempo estimado para la sobrevivencia de un elemento puesto en operación.
- Calcular la probabilidad de falla de algún elemento en el futuro.
- Estimar el tiempo de supervivencia de un elemento que ha rebasado el tiempo estimado de funcionamiento.
- Identificar los posibles riesgos de un sistema o mecanismo.
- Establecer bases, para la toma de decisiones sobre el funcionamiento o diseño de los sistemas.

#### RAZONES PARA ESTABLECER PROGRAMAS DE CONFIABILIDAD

- La proyección de los negocios estará basada en la capacidad que posean las empresa para controlar la confiabilidad de sus productos
- Al realizar productos más complejos es necesario que sean más confiables
- En un futuro próximo los mercados tendrán una verdadera conciencia referente a la confiabilidad de los productos
- La confiabilidad sirve como estrategia de marketing

## ESTIMACIÓN DE LA CONFIABILIDAD

La estimación de la confiabilidad de un producto puede recopilar información de las pruebas no destructivas realizadas a los materiales y equipos con anterioridad, así como del estudio de la degradación de artículos, información como degeneración, oxidación, fracturas, entre otras que son de vital importancia para una estimación adecuada.

## TIEMPO PROMEDIO DE VIDA

Es necesario estimar el tiempo promedio existente entre cada una de las fallas bajo condiciones específicas, las causas de existencia de fallas de un equipo que se encuentra dentro del periodo estimado de vida, dentro de las principales se encuentran: Exceso de esfuerzo ubicado fuera de los parámetros establecidos, oscilaciones aleatorias fuera de parámetros, defectos no detectados por medio de procesos de calidad, errores humanos, manejo inadecuado, abuso de uso, causas inexplicables.

Existen diferentes rubros en el ámbito de la ingeniería de confiabilidad, los cuales se identifican como confiabilidad de diseño, confiabilidad de los procesos productivos, confiabilidad humana y confiabilidad de equipos

## CONFIABILIDAD DE DISEÑO

La confiabilidad de diseño son técnicas y procedimientos empleados en la búsqueda de maximizar los recursos económicos invertidos en un proyecto, como su nombre lo indica, este tipo de técnicas deberán ser aplicadas durante la fase de diseño de cualquier planta o proyecto para que resulte ser más eficaz y menos costoso.

Tiene como finalidad definir una secuencia de actividades o metodologías para delimitar todas las actividades que se pondrán en marcha dentro de la instalación.

La finalidad de la confiabilidad de diseño será maximizar el valor de los montos invertidos a lo largo del ciclo de vida del proyecto, esto se logra mediante la utilización del activo (UA).

La deficiencia en las operaciones realizadas, las tareas de mantenimiento y las especificaciones de diseño de una instalación acarrearán la pérdida de oportunidad de UA, para revertir o evitar esta situación será necesario tener un producto/instalación confiables.

En la etapa de planeación se deberá incluir la confiabilidad de diseño para reducir de manera significativa los costos que representara dicho cambio, en caso de tener que rediseñar la instalación los costos serán sustancialmente incrementados.

Para lograr un aumento del valor del dinero se deberán tomar en cuenta las experiencias de diferentes especialistas de los rubros de finanzas, ingeniería y construcción, se deberá encontrar el balance óptimo entre seguridad y productividad durante todo el ciclo de vida de un proyecto mediante la definición de las diferentes tácticas de riesgo, algunos aspectos clave identificados son:

- Coordinación de personal y cultura organizacional.
- Diseño ( Diseño a bajo costo vs diseño robusto)
- Desincorporación de activos.
- Tácticas de mantenimiento y operación
- Manejo de escasez de recursos
- Responsabilidad de seguridad
- Manejo de agentes reguladores

La productividad y la seguridad en algunas ocasiones presentan conflictos de interés debido a que en algunas ocasiones cuando la producción se ve disminuida o interrumpida, posiblemente se tomen decisiones que afectan la seguridad por un tiempo determinado, esto puede ser controlado mediante el mantenimiento preventivo, sin embargo en algunos procesos productivos los programas de mantenimiento son sacrificados en pro del aumento de la producción.

La seguridad es sumamente importante en la etapa de diseño donde influirán factores como la política empresarial, el comportamiento del mercado inclusive el presupuesto asignado.

La confiabilidad de diseño se encuentra dividida en visualización, conceptualización y definición, subdividida a su vez en acciones de confiabilidad (definiendo acciones, procedimientos, participantes y responsables) y límites de confiabilidad (sugerencias para facilitar la aplicación de los conceptos de confiabilidad)

Para que la confiabilidad de diseño pueda ser funcional se deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Mantener en paralelo el proyecto con el plan de negocios
- Analizar los riesgos de desviación del plan de negocios
- Verificar que el personal de mantenimiento y líderes de grupo comprendan la importancia de la aplicación de estos conceptos.
- Organizar los recursos, para tenerlos siempre disponibles
- Proporcionar información completa a los líderes de grupo
- Integrar las actividades de confiabilidad a las de ingeniería
- Evitar en manera de lo posible la sustitución de recursos humanos clave.
- Tener retroalimentación constante acerca de los resultados obtenidos, con la alta gerencia y el equipo de trabajo.

Para realizar el proyecto se deben recopilar los siguientes datos:

- Diseño del sistema
- Funciones primarias y maquinaria relacionada
- Lista de maquinaria disponible y especificaciones técnicas
- Descripción de los sistemas de control y su filosofía de operación
- Descripción de las actividades

Las estrategias generadas se deben de realizar cuidando costos, balanceando seguridad y producción.

### CONFIABILIDAD DE PROCESOS PRODUCTIVOS

Es una herramienta de control que aplica estrategias y principios convenciones de ingeniería que son aplicados a todo el ciclo de vida de un producto, el objetivo es contar con un seguimiento adecuado del proceso realizado, tratando de identificar las fallas probables y desarrollar una estrategia de ataque a las mismas. Este proceso es llevado a cabo mediante cuatro factores:

- Pérdidas de Rate: Compara la velocidad real de producción con la velocidad teórica de producción.
- Paros no planeados: Paros ocasionados por algún evento inesperado.
- Paros Planeados: Paros programados para un fin específico.
- Perdidas de calidad: Tiempo de reproceso o desperdicios.

$$\begin{aligned} \text{Confiabilidad del proceso} &= 1 - \text{perdidaderate} + \\ &\quad \text{parosplaneados} \\ &\quad + \text{parosnoplaneados} + \\ &\quad \text{perdidadecalidad} \end{aligned}$$

## CONFIABILIDAD HUMANA

Es la probabilidad de que el capital humano con el que cuenta la empresa cometa algún tipo de error dentro del proceso de la empresa, este proceso de confiabilidad incluirá conceptos que ayuden a maximizar las habilidades y destrezas del personal.

Las tácticas utilizadas para incrementar el mejoramiento de la confiabilidad humana son: la gestión del conocimiento, aplicación de modelos de competencia, entre otros.

El análisis de la confiabilidad humana identifica, califica y mide los posibles errores humanos dentro del proyecto, una de las técnicas usadas convencionalmente es la THERP (Technique for Human Error Rate Prediction). La cual es una serie de procedimientos que proyecta la frecuencia de los errores humanos, definiendo la degradación de la interacción de las máquinas con el hombre.

Los pasos para la aplicación de la técnica THERP son:

- Identificar las fallas del equipo involucrado
- Describir las operaciones que el individuo realiza interactuando con el equipo
- Obtener la probabilidad de la existencia de un error humano
- Analizar los efectos de los errores del personal sobre el equipo
- Proponer sugerencias de mejora para la interacción hombre – máquina

Las estrategias de capacitación y entrenamiento persiguen la minimización de los errores humanos los cuales son clasificados en:

- Antropométricos:** Asociados con las características físicas del operario y su imposibilidad de acoplarse físicamente a la máquina o equipo.

- Sensoriales: Capacidad de percepción del entorno por medio de los sentidos
- Fisiológicos: Las tensiones derivadas del clima organizacional pueden afectar directamente las capacidades del personal
- Psicológicos: Aspectos relacionados directamente con cada individuo que pueda encontrarse afectado, causando daños de manera intencional o no intencional

Algunas estrategias de la confiabilidad humana son:

- Gerencia de conocimiento: Manejo de información encaminada a satisfacer las necesidades de la empresa por medio de programas de capacitación y motivadores para obtener nuevas actitudes por parte del personal y generar nuevo conocimiento en pro de la industria.
- Gestión por competencias: Impulsa las capacidades de cada individuo, garantiza la proyección de cada colaborador añadiendo valor a la organización, los trabajadores conocen su competencia y los requerimientos motivando al autoaprendizaje.
- Equipos naturales de trabajo: Grupo de personas trabajando juntos por un periodo determinado potenciando las capacidades de cada integrante, los cuales no deben exceder de 10 personas
- Gerencia de desempeño: incentivar el aprendizaje de los colaboradores y mejorar las relaciones interpersonales, tratando de reducir la resistencia al cambio para obtener el cumplimiento de los objetivos comunes.

## CONFIABILIDAD DE EQUIPOS

El gerente de mantenimiento y el gerente de activos son los encargados de lograr este tipo de confiabilidad, combinan las tácticas de mantenimiento para prevenir el deterioro o falla de algún equipo

Existen diferentes herramientas que ayudan a asegurar la confiabilidad esto dependerá del momento actual o del periodo en el cual se desarrollaran las actividades.

- **Mantenimiento correctivo:** Es la intervención que se genera derivado del mal funcionamiento de un equipo, podrá ser algún daño visible o alguna falla detectada por alguna tecnología
- **Mantenimiento preventivo:** Son actividades programadas para evitar fallas de los equipos, intenta aumentar la disponibilidad de las instalaciones, este mantenimiento se divide en las siguientes partes.
  - o **Mantenimiento rutinario periódico:** Mantenimiento basado en periodos determinados de tiempo o en unidades, generalmente se reparan o sustituyen componentes antes de culminar su vida útil lo que deriva del incremento de los costos
  - o **Mantenimiento predictivo:** Realiza inspecciones periódicas a los equipos para identificar posibles mermas en sus componentes y sustituirlos de manera adecuada, existen tres tipos de seguimiento, los cuales son:
    - **Inspecciones o rondas de operación:** Son inspecciones sensoriales poco invasivas realizadas habitualmente por el operario.
    - **CBM – Monitoreo basado en condición:** La finalidad es mostrar el desgaste de algún componente, generalmente se tiene identificado el tiempo en el cual sufre desgaste una parte del equipo.

- RBI – Inspección basada en riesgo: Su meta es identificar la fecha óptima para realizar un mantenimiento preventivo, se realiza durante el periodo en que las características aún son buenas para la operación
- Mantenimiento mejorativo o rediseño: Es la modificación de las condiciones originales del equipo, haciendo más eficiente las características del equipo incrementando la eficiencia de los procedimientos, en su mayoría muchos autores no consideran este rubro como parte del mantenimiento sin embargo algunos percances pueden ser corregidos de manera inmediata.

## METODOLOGÍAS PARA MEJORAR EL MANTENIMIENTO

### TPM- MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

El objetivo de esta técnica es alcanzar la meta cero accidentes, cero defectos y cero averías, eliminando los paros realizados por el equipo, promoviendo la intervención de los operarios en la reparación de averías mínimas que puedan ser resueltas mediante la aplicación de sus conocimientos.

Este programa deberá moldearse de acuerdo a las características de cada organización, los objetivos de esta técnica son:

- Entrenamiento de personal
- Adecuada utilización de los equipos existentes
- Conservación de los recursos tanto naturales como energéticos
- Disminución de los tiempos que el equipo se encuentra parado
- Eliminación de pérdidas

Antes de realizar la implementación de esta técnica se deberán realizar las siguientes actividades:

- Estructuras organizacionales
- Administración de los trabajos de mantenimiento
- Administración de inventarios

RCM – REABILITY CENTRED MAINTENANCE (RCM)  
MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA  
CONFIABILIDAD

Esta técnica identifica las funciones que se realizan en el proceso, identificando las posibles fallas y los motivos que las incentivarían, las consecuencias que derivarían del mal funcionamiento del equipo y las posibles vías de reparación.

Este método se fundamenta en la técnica “Análisis de modos “ y “Efectos de fallas” que identifica los procesos más significativos para la producción los cuales incluyen conceptos de producción, seguridad y compromiso ambiental, una vez identificados, se llevará a cabo el análisis de las fallas potenciales y se establecerá el tipo de mantenimiento que se proporcionará

Esta técnica aprovecha los conocimientos adquiridos por los operarios y el personal directamente relacionado con el equipo por lo que es de suma importancia cuando no existe una base de datos establecida sobre el comportamiento del equipo

## PMO – PREVENTIVE MAINTENANCE OPTIMIZATION

Esta táctica pretende elevar al máximo los programas de mantenimiento mediante el manejo de las tareas, se integra de la siguiente manera:

- Preparar PMO
  - o Establecer cuáles serán los niveles de exigencia de los equipos con base a la confiabilidad
  - o Identificar jerarquías de prioridad
  - o Indicar la disponibilidad requerida de cada equipo
  - o Realizar la jerarquización de los equipos con base a las necesidades y confiabilidad
- Analizar el programa de mantenimiento actual
  - o Revisar las actividades que contiene el programa
  - o Corroborar que todas las fallas que existieron en el pasado son corregidas con las tareas de mantenimiento descritas
- Identificar las actividades que no sean consideradas adecuadas
  - o Si es necesario eliminar las actividades que no sean imperiosas
- Incrementar la eficiencia del resto de las actividades
  - o Nutrir las tareas que permanecerán en el plan de mantenimiento con información adecuada para obtener un mejor resultado
- Cubrir los vacíos de Programa
  - o Verificar que cada actividad cubre todas las necesidades
- Incluir las recomendaciones de los fabricantes
- Modificar las ordenes actuales para hacerlas más eficientes
- Poner en marcha los cambios realizados al plan de mantenimiento
- Comparar los resultados en espera de mejoras, en caso de no obtenerlas realizar los ajustes necesarios

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por permitirme un día más de vida, a mi esposo que emprende esta nueva aventura conmigo brindándome siempre su apoyo incondicional, al Instituto Tecnológico de Orizaba por darme una excelente formación académica en nivel licenciatura y ahora abrirme nuevamente las puertas en el área de postgrado, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por ayudarme a cumplir mis sueños, al Dr. Fernando Aguirre y Hernández por abrirme los ojos ante un mundo lleno de posibilidades y caminos vagamente explorados.