

Octubre 2023



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**

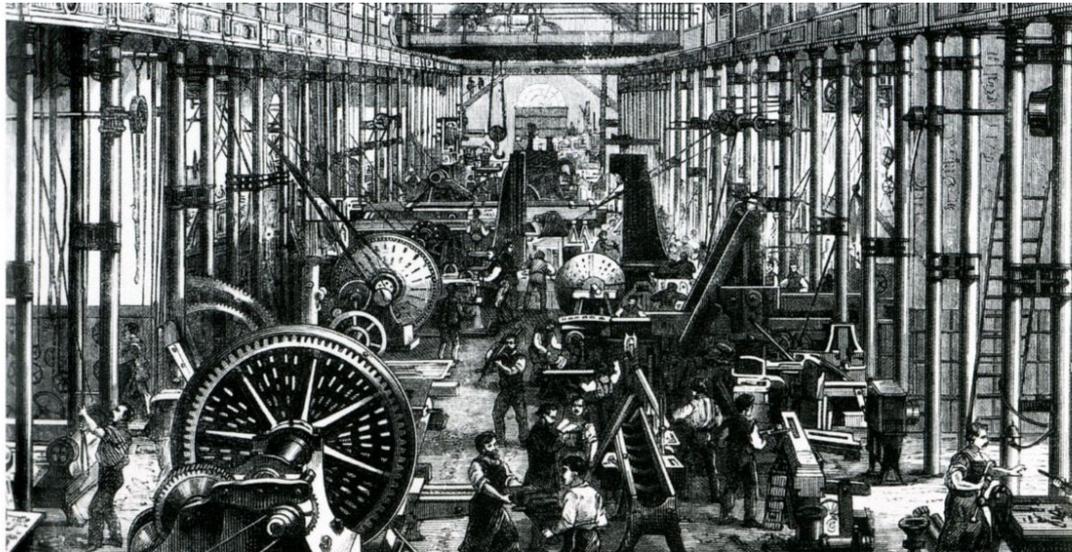
PLANEAMIENTO Y CONTROL DE OPERACIONES

Gestión de Mantenimiento

Ing. Roberto Matías DUBANCED

Mantenimiento es la conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.

La historia del mantenimiento acompaña el desarrollo técnico industrial de la humanidad. A fines del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo grupo de operación





MARCO HISTÓRICO - HASTA 1930



Con la llegada de la Primera Guerra Mundial y con la implantación de la producción en serie, las fábricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y como consecuencia de ésto, sintieron la necesidad de formar equipos que pudiesen efectuar reparaciones en máquinas en servicio en el menor tiempo posible.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocido como

“Mantenimiento Correctivo”

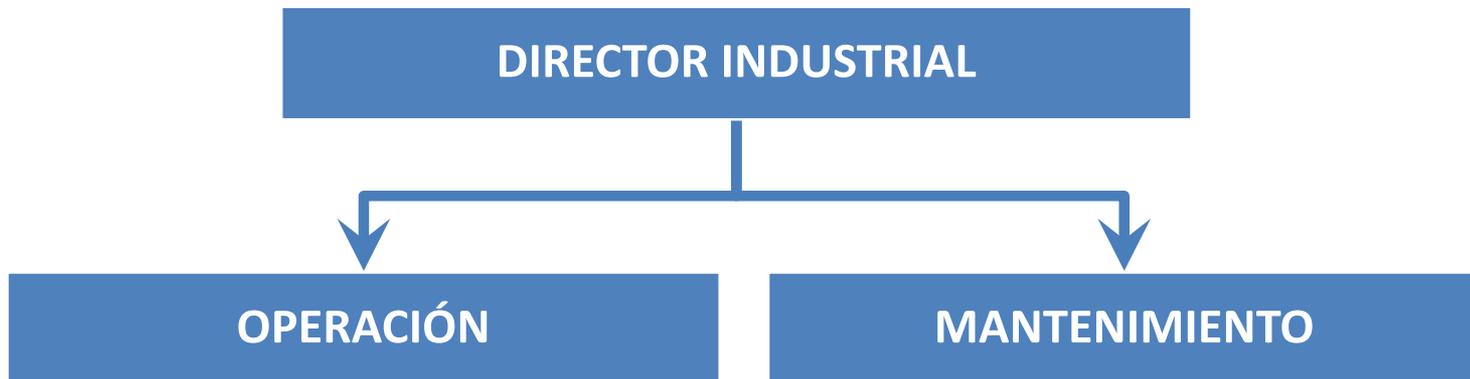




MARCO HISTÓRICO - HASTA 1940



Esta situación se mantuvo hasta la década de 1930, cuando, en función de la Segunda Guerra Mundial y la necesidad de aumentar la rapidez de producción, la alta administración pasó a preocuparse, no solamente de corregir fallas sino también de evitar que las mismas ocurriesen, razón por la cual el personal técnico de mantenimiento pasó a desarrollar el proceso de **Prevención de Averías** que, juntamente con la Corrección, completaban el cuadro general de Mantenimiento, formando una estructura tan importante como la de Operación.

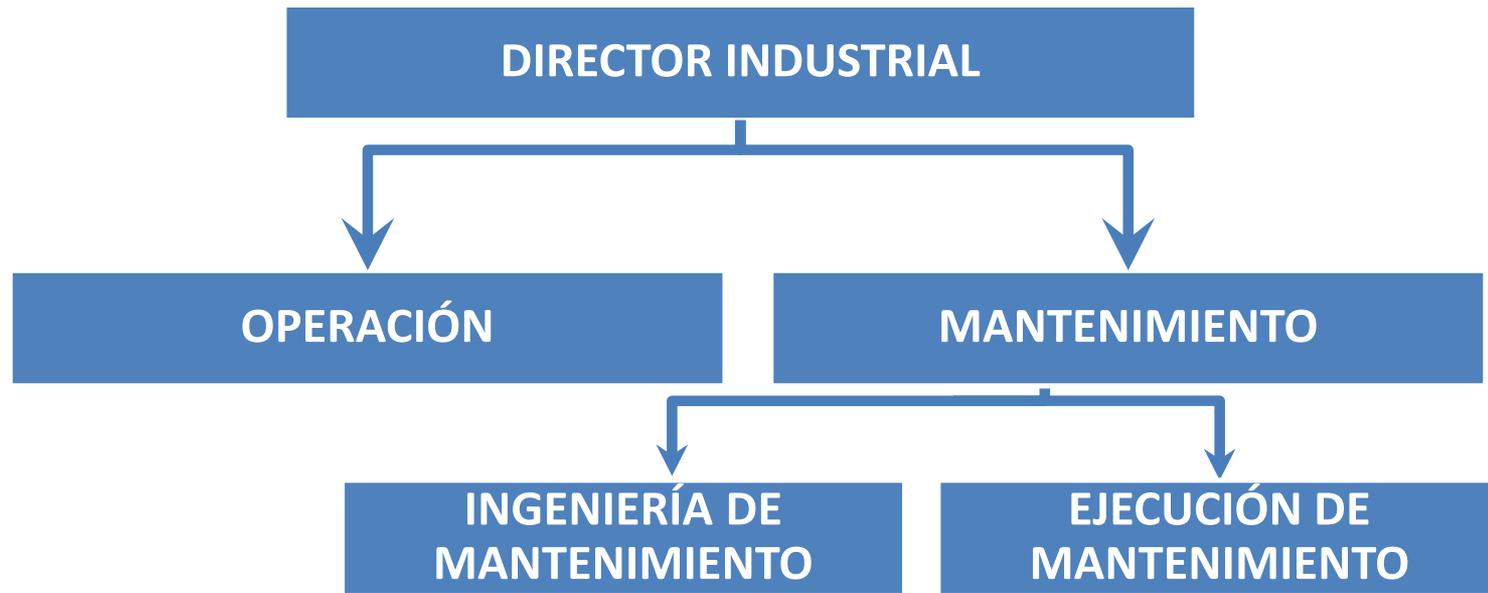




MARCO HISTÓRICO - AÑO 1950



Alrededor del año 1950, con el desarrollo de la industria para satisfacer los esfuerzos de la posguerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica, los Gerentes de Mantenimiento observaron que, en muchos casos, el tiempo empleado para diagnosticar las fallas era mayor que el tiempo empleado en la ejecución de la reparación, y seleccionaron grupos de especialistas para conformar un órgano asesor que se llamó **Ingeniería de Mantenimiento** y recibió las funciones de planificar y controlar el mantenimiento preventivo analizando causas y efectos de las averías.



Tiempos de Diagnóstico y Reparación de Equipos de acuerdo con su naturaleza constructiva

NATURALEZA	DIAGNÓSTICO	REPARACIÓN
Mecánico	10%	90%
Hidráulico	20%	80%
Eléctrico	60%	40%
Electrónico	90%	10%





MARCO HISTÓRICO - AÑO 1960



A partir de 1966, con la difusión de las computadoras, de las Asociaciones Nacionales de Mantenimiento, y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la Ingeniería de Mantenimiento pasó a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, con el objetivo de optimizar el desempeño de los grupos de ejecución del mantenimiento. Esos criterios, conocidos como **Mantenimiento Predictivo** fueron asociados a métodos de planificación y control de mantenimiento automatizados, reduciendo las tareas burocráticas de los ejecutantes del mantenimiento. Estas actividades ocasionaron el desmembramiento de la Ingeniería de Mantenimiento, que pasó a tener dos equipos: el de estudios de fallas crónicas y el de PCM - Planificación y Control del Mantenimiento.



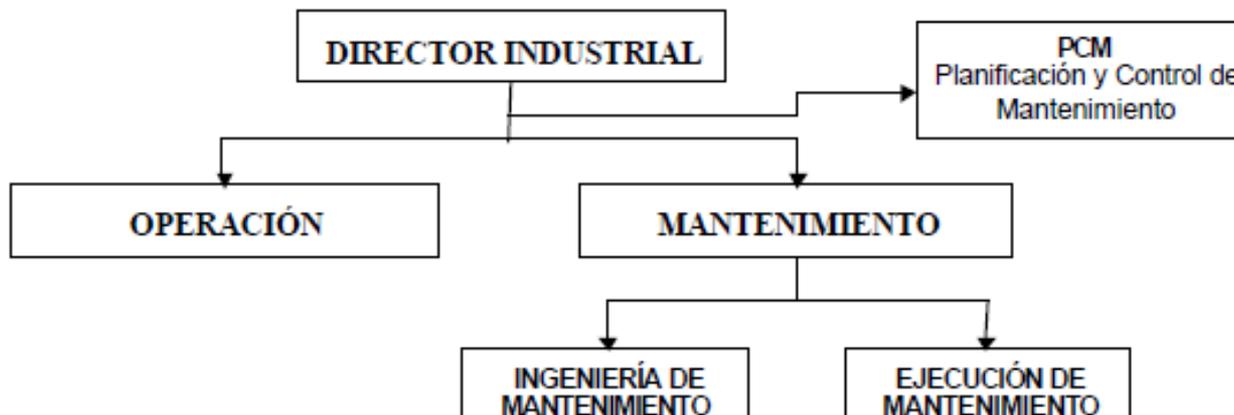


MANTENIMIENTO ACTUAL

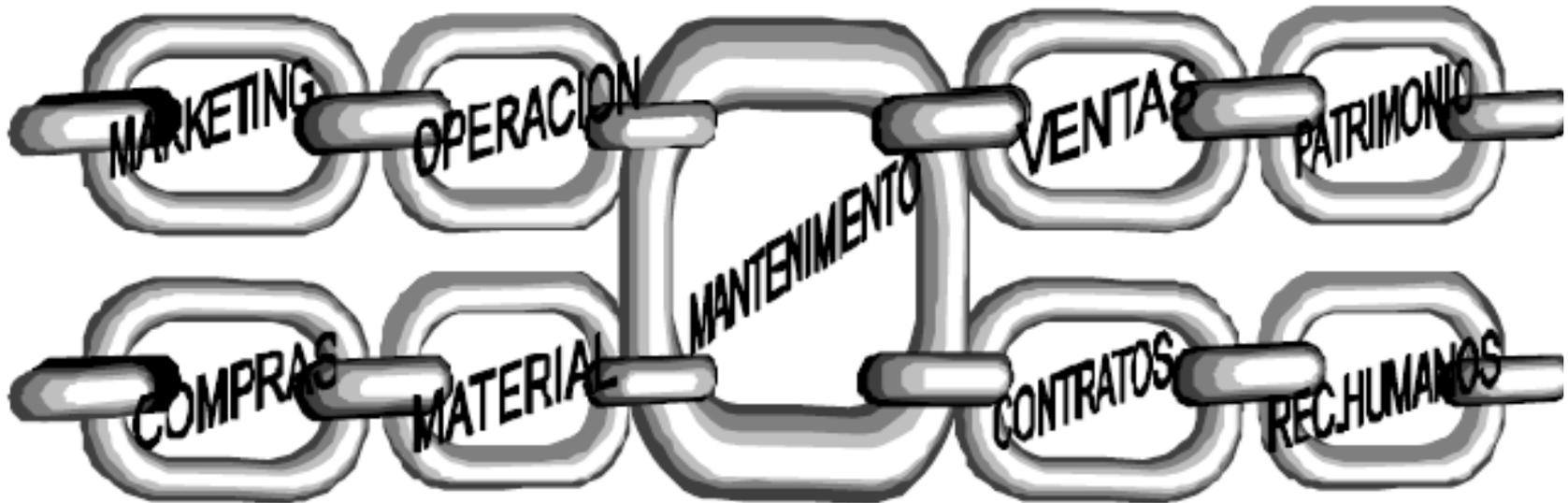


En este final de siglo, con las exigencias de incremento de la calidad de los productos y servicios, hechas por los consumidores, el mantenimiento pasó a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos, en un grado de importancia equivalente a lo que se venía practicando en operación

Estas etapas evolutivas del Mantenimiento Industrial se caracterizaron por la **Reducción de Costos** y por la **Garantía de la Calidad** (a través de la confiabilidad y la productividad de los equipos) y **Cumplimiento de los tiempos de ejecución** (a través de la disponibilidad de los equipos).



Cadena de relaciones del mantenimiento con sus clientes y proveedores



TPM es la sigla de "**Total Productive Maintenance**" (Mantenimiento Productivo Total) y es una técnica desarrollada en el Japón en la década de 1970, como una necesidad de mejorar la calidad de sus productos y servicios.

Tiene como concepto básico "**la reformulación y la mejora de la estructura empresarial a partir de la reestructuración y mejora de las personas y de los equipos**", con el compromiso de todos los niveles jerárquicos y el cambio de la postura organizacional.

Aplicado a la industria se puede interpretar como:

CONSERVACIÓN DE LOS MEDIOS DE PRODUCCIÓN POR TODOS





El **TPM** es una técnica que promueve un trabajo donde están siempre unidos, según los mismos objetivos: el **HOMBRE**, la **MÁQUINA** y la **EMPRESA**.

De esta manera, el trabajo de conservación de los medios de producción, pasa a ser PREOCUPACIÓN Y ACCIÓN DE TODOS, desde el directorio hasta el operador del proceso (o servicio).

"TPM es una herramienta poderosa para vencer el desafío de la Productividad y de la Calidad".

El TPM compromete la eficacia de la propia estructura orgánica de la empresa, por medio de mejoras a ser introducidas e incorporadas, *tanto en las personas como en los equipos*, por lo que se puede decir que es una técnica de administración de la producción que posibilita la garantía de producir productos con calidad, a menores costos y en el momento necesario, y con relación a los equipos, significa promover la revolución junto a la línea de producción, a través de la incorporación de la "Ruptura Cero", "Defecto cero" y "Accidente cero".



Los Objetivos del TPM son:

1. Constituir una estructura empresarial que busque la máxima eficiencia del sistema de producción (o servicio) - rendimiento global.
2. Constituir, en el propio local de trabajo, mecanismos para prevenir las diversas pérdidas, obteniendo el cero accidente, el mínimo de defectos y el mínimo de fallas.
3. Comprometer a todos los departamentos, comenzando por el de producción (operación + mantenimiento) extendiéndose a los de desarrollo, ventas, administración etc.
4. Contar con la participación de todos, desde los directores hasta los operarios de primera línea.
5. Obtener la pérdida cero por medio de actividades simultaneas de pequeños grupos.

Los Objetivos del TPM son:

6. Mejorar la calidad del personal (operadores, mantenedores e ingenieros).
7. Mejorar la calidad de los equipos, a través de la maximización de su eficiencia y de su ciclo de vida útil.
8. Mejorar los resultados alcanzados por la empresa (ventas, satisfacción del cliente, imagen, etc.).





MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL





El TPM se basa en ocho pilares

• MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Tipos de mantenimiento (estandarización de las actividades de mantenimiento), o sea, establecer un lenguaje común de comunicación para todos en la empresa.
- Planificación del mantenimiento, o sea, establecer procedimientos adecuados para todas las intervenciones preventivas.
- Establecimiento de criterios de planificación del mantenimiento.
- Creación y utilización de los registros de mantenimiento, o sea, recolectar y almacenar el historial de las intervenciones (actividades, ocurrencias, tiempos y recursos) de forma adecuada.
- Control de repuestos, o sea, establecer de forma concreta, los repuestos específicos y no específicos asociados a cada equipo, así como su consumo y necesidad de almacenamiento (mínimo y máximo) y el punto de reabastecimiento.
- Control del presupuesto de mantenimiento y de reducción de costos, o sea, establecer los informes adecuados para el control de gastos y recursos aplicados en actividades programadas y no programadas



El TPM se basa en ocho pilares

• MEJORAS INDIVIDUALES EN LOS EQUIPOS

- Las condiciones óptimas operativas de los equipos.
- Eliminar las causas de las pérdidas ocultas a través del análisis profundo del problema por personal especializado.
- Evitar los análisis superficiales de los problemas, a través de la eliminación del "yo creo que...".
- Selección del sistema operacional o equipo y acompañamiento de su operación
- Esclarecimiento de los puntos problemáticos en el proceso y/o equipo.
- Definición de la mejora a través de estudios, evaluaciones y elaboración de procedimientos.
- Implantación de mejoras.
- Verificación de los resultados.
- Estandarización de los procedimientos.
- Extensión a otros equipos.



El TPM se basa en ocho pilares

• PROYECTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/COSTO DEL CICLO DE VIDA

- Evaluación de la conveniencia de adquirir máquinas más caras, pero de mejor confiabilidad, mantenibilidad, operacionalidad y economía.
- En el proyecto MP ("Maintenance Prevention") se hace un análisis del historial del equipo para determinar mejoras, que tengan por objetivo la eliminación de problemas futuros, y consecuentemente, reducción del Costo del Ciclo de Vida.

• EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN

- Operadores: Profesionales capaces de realizar actividades de mantenimiento, de forma espontánea (limpieza, lubricación, inspección, pequeños ajustes y medición).
- Mantenedores: Profesionales capaces de realizar actividades múltiples.
- Ingenieros de producción: Profesionales capaces de evaluar, revisar y proyectar equipos con reducida necesidad de intervención y alta mantenibilidad.



El TPM se basa en ocho pilares

• MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD

- Evaluación de la interferencia y de la condición operativa del equipo, en la calidad del producto o servicio ofrecido por la empresa.
- Definición de parámetros, que puedan ser indicadores de esa interferencia (acción conjunta: operación, mantenimiento, ingeniería, calidad y marketing).
- Seguimiento, a través de gráficos, de los parámetros y establecimiento de metas basadas en la necesidad del proceso (cliente).

• CONTROL ADMINISTRATIVO

- Las "5S" en las áreas administrativas.
- El "Just in time" para áreas de compras y materiales (incluso de las oficinas).
- Las técnicas de optimización de reuniones.
- El cuadro de "Gestión Visual" en los depósitos.



El TPM se basa en ocho pilares

• MEDIO AMBIENTE, SEGURIDAD E HIGIENE

- Tratamiento de políticas de prevención del accidente. Establecimiento de las recomendaciones de seguridad y adecuación del sistema para que sean implementadas en las OT.
- Evaluación del costo directo e indirecto de los accidentes.
- Establecimiento de acciones para obtener la meta Cero Accidentes.
- Implantación del Seiketsu de las "5S".

• MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

- Desarrollo de la conciencia " a mi máquina la cuido yo".
- Cambio de las características inadecuadas del local de trabajo.



MODELO 5S (HOUSEKEEPING)



Con el desarrollo del **TPM** se comprobó de forma fundamental que, además de la necesidad que cada uno de los componentes de la empresa, buscase la **limpieza** y la **organización**, para la mejora de sus actividades y del ambiente laboral de un modo general; los atributos de **orden**, **aseo** y **disciplina**, también influían en la mejora de la **PRODUCTIVIDAD**, complementando, de esta manera, el grupo de las "**5S**", 5 palabras que en japonés, empiezan con la letra S.

El modelo creado por Hiroyuki Hirano es la forma práctica de impulsar una cultura de trabajo basada en la LIMPIEZA VISUAL



MODELO 5S (HOUSEKEEPING)



Seiri	Eliminación	Identificar y eliminar las cosas que no son necesarias en el entorno de trabajo.
Seiton	Organización	Cada cosa en un sitio y un sitio para cada cosa.
Seiso	Limpieza	Mantener el entorno de trabajo limpio y ordenado. Evitar que proliferen los elementos que ensucian y contaminan el entorno.
Seiketsu	Estandarización	Definir normas de protocolo que favorezcan el mantenimiento de un entorno de trabajo limpio y agradable.
Shitsuke	Disciplina	Crear en el equipo el hábito de mantener y mejorar de forma continua la "limpieza visual" del entorno de trabajo.



MODELO 5S (HOUSEKEEPING)



Con este sistema se logran los siguientes beneficios:

- **Mejor ambiente de trabajo.**
- **Menor estrés y adicción; sólo atender la urgencia.**
- **Colaboradores más comprometidos y motivados.**
- **Mayor seguridad y menos riesgos de accidentes laborales.**
- **Mayor productividad y eficiencia en sus procesos del día a día.**
- **Menores costos de operación.**
- **Mayor calidad en sus productos y servicios.**

Ejemplo

BEFORE



AFTER



RCM o Reliability Centred Maintenance,

es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial y presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas.

Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde no se obtenían los resultados más adecuados para la seguridad de la navegación aérea. Posteriormente fue trasladada al campo militar y mucho después al industrial, tras comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.





Objetivos

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, *disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción.*

Los objetivos secundarios pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, *la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento.*



El análisis de los fallos potenciales de una instalación industrial según esta metodología aporta una serie de resultados

- **Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos.**
- **Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.**
- **Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.**



Las acciones tendientes a evitar los fallos pueden ser de varios tipos:



Determinación de tareas de mantenimiento que evitan o reducen estas averías.



Mejoras y modificaciones en la instalación.



Medidas que reducen los efectos de los fallos, en el caso de que estos no puedan evitarse.



Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en planta, como una de las medidas paliativas de las consecuencias de un fallo



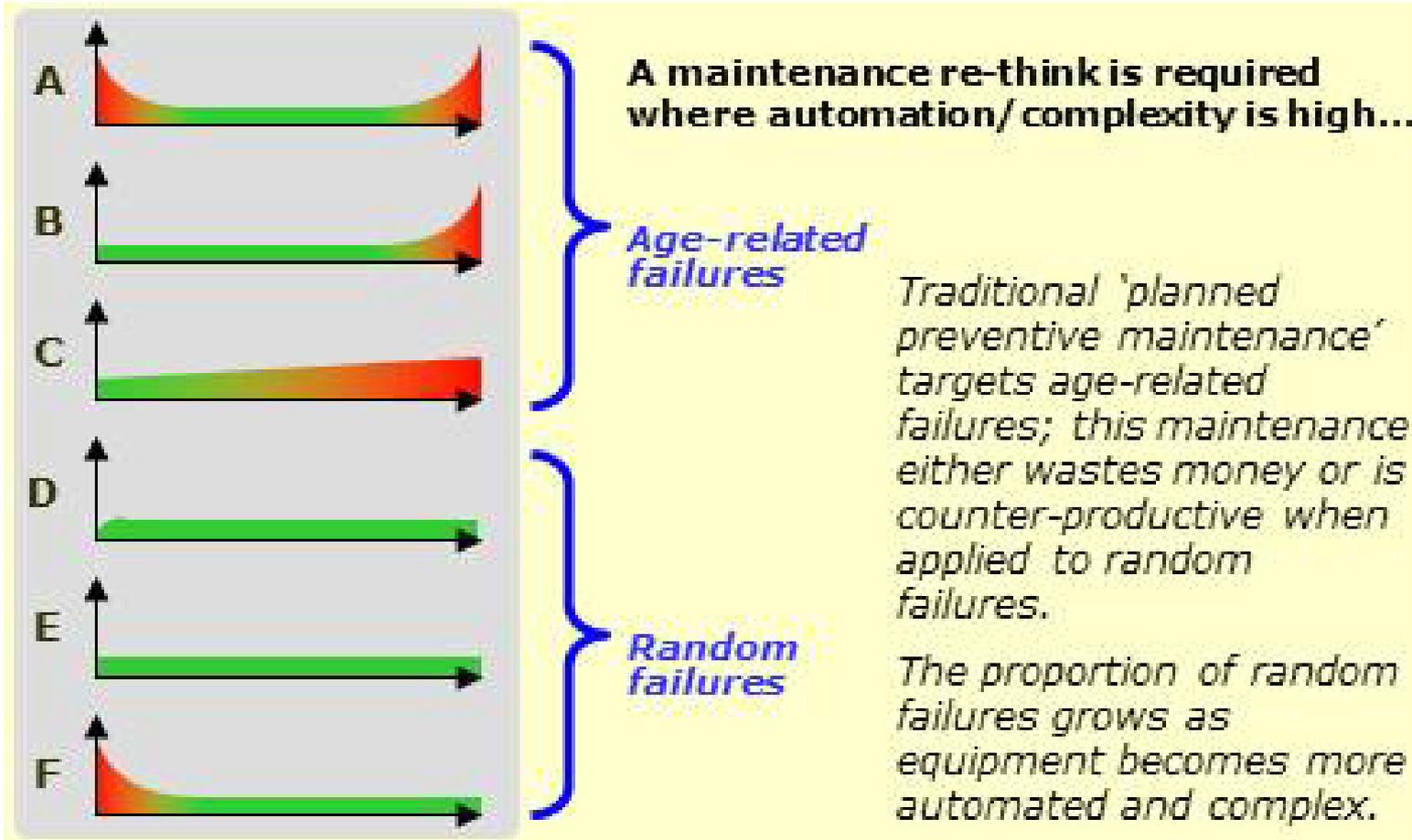
Procedimientos operativos, tanto de operación como de mantenimiento.



RCM se basa, pues, en la puesta de manifiesto de todos los **fallos potenciales** que puede tener una instalación, en la **identificación de las causas** que los provocan y en la **determinación de una serie de medidas preventivas** que eviten esos fallos acorde con la importancia de cada uno de ellos.

A lo largo del proceso se plantean una serie de preguntas clave que deben quedar resueltas:

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?
 - ¿Cómo falla cada equipo?
 - ¿Cuál es la causa de cada fallo?
- ¿Qué parámetros monitorizan o alertan de un fallo?
 - ¿Qué consecuencias tiene cada fallo?
 - ¿Como puede evitarse cada fallo?
- ¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo?





El Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM), una técnica cuantitativa de análisis basado en la economía, establece el valor relativo de las distintas tareas de mantenimiento y sirve como herramienta de mejora continua.

El RBM determina las oportunidades de mejora incremental eliminando las tareas de bajo valor e introduciendo tareas dirigidas a los aspectos de alto riesgo comercial.

El mantenimiento basado en el riesgo evalúa el riesgo comercial actual y analiza los costes y beneficios de las medidas para mitigar los fallos.



La norma API RP 580 define el riesgo como la combinación de la probabilidad de que se produzca un suceso durante un determinado periodo de tiempo y las consecuencias de que ese suceso ocurra.

En términos matemáticos lo define como:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$$

Pudiendo obtener un valor económico (si la consecuencia está valorada económicamente) o una clasificación utilizando una matriz de riesgos. API considera a las **Inspecciones Basadas en Riesgo (RBI)** como un método de nueva generación para calcular los periodos entre inspecciones, al fijar la atención en los equipos y los mecanismos de deterioro que tienen mayor riesgo para una instalación. Considerando que el principal objetivo de las inspecciones es la **SEGURIDAD** y la **CONFIABILIDAD**.

F. Khan y M.M. Haddara proponen una metodología para la realización de planes de RBM que se compone de 3 fases:

FASE 1



Estimación del riesgo, teniendo en cuenta una estimación de las consecuencias de cada fallo y la probabilidad de que ese fallo se produzca, que incluye la utilización de Análisis de Árbol de Fallos (FTA).

FASE 2



Evaluación del riesgo, definiendo un nivel de riesgo aceptable y comparando los riesgos estimados de cada fallo con ese valor.

FASE 3

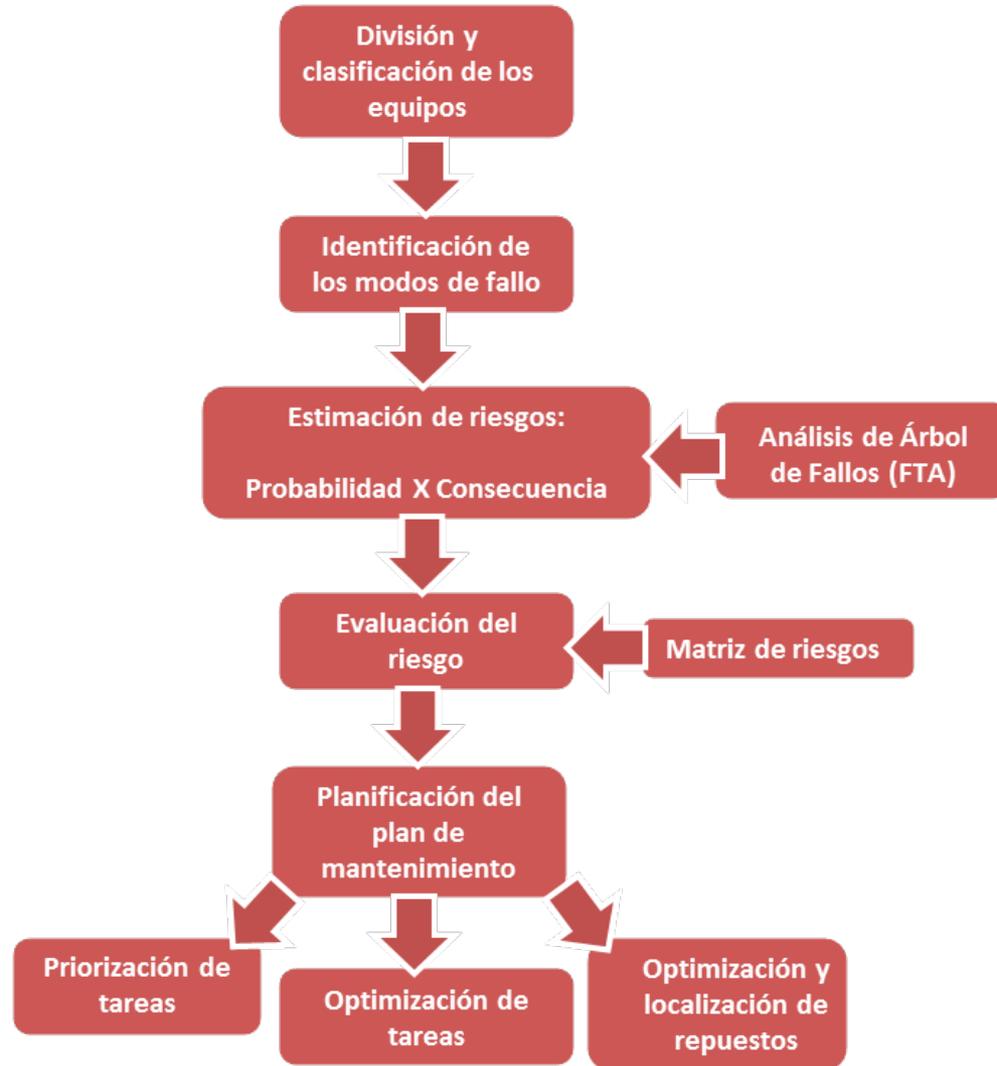


Planificación del mantenimiento, optimizando el plan de mantenimiento para reducir la probabilidad de los fallos que sobrepasan el criterio de aceptación, reduciendo así su riesgo.

Encontramos por lo tanto en **RBM** una metodología más sencilla que RCM, que requiere también de un estudio previo de fiabilidad pero que **incluye una valoración económica del riesgo**, lo que permite realizar **análisis financieros y facilita la elección de tareas preventivas y predictivas así como la toma de decisiones sobre acciones más complejas**, como pueden ser la cantidad de repuestos necesarios, su localización, la realización de cambios en el diseño de los equipos o cambios en los procedimientos de trabajo.



MANTENIMIENTO RBM



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN



Maintenance
to Maintain, Keep, Preserve & Protect