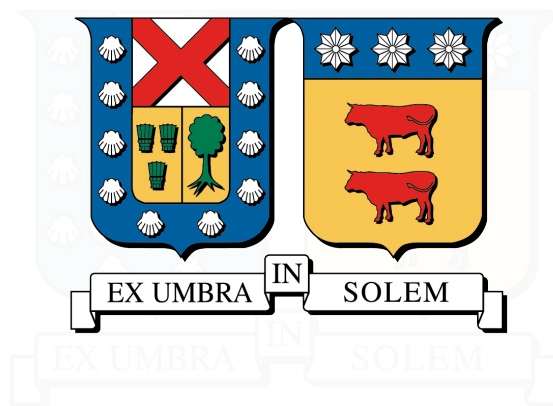


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
SANTIAGO - CHILE



**PROPUESTA DE DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE
MANTENIMIENTO, PARA IMPLEMENTACIÓN DE TPM.**

SEBASTIÁN PARRA GRANIFO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL MECÁNICO

PROFESOR GUÍA : ING. NELSON ÁLVAREZ C.
PROFESOR CORREFERENTE : ING. LUÍS GUZMAN B.

SEPTIEMBRE 2021



A mi familia ...

Les agradezco todo lo que me han ayudado y apoyado para lograr crecer y alcanzar mis objetivos, especialmente a mis padre quienes han tenido paciencia y me han acompañado en todos los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que han estado en este proceso junto a mí, quiero darle las gracias. Cada uno de ustedes han sido parte fundamental en mi desarrollo y crecimiento personal, además de ser una gran compañía en los buenos y malos momentos vividos durante toda esta etapa de mi vida.

A mis padres, agradecerles por ayudarme a alcanzar mis sueños. Han estado junto a mi creyendo, confiando y apoyándome en todo momento de mi vida universitaria. Les agradezco la paciencia por todas mis rabias en los momentos estresantes de la carrera y su comprensión por todas las veces que me debí retirar de comidas y reuniones familiares para poder seguir estudiando y realizando mis trabajos. Les agradezco su comprensión de que este proceso no ha sido sencillo y que todas las demoras en completar esta etapa no han sido por falta de esfuerzo.

Agradezco a todos mis compañeros y amigos con los cuales pude compartir mi vida, desde los trabajos hasta los juegos. Gracias por estar ahí apoyándome cuando se acercaba un certamen difícil o ayudándome a resolver dudas. Les agradezco los momentos de relajación y su capacidad de hacerme reír incluso cuando había que trasnochar trabajando.

Quiero agradecer especialmente a Elisa Jimenez, mi polola que estuvo ahí junto a mi tantas veces para hacerme sentir mejor después de los malos momentos, de acompañarme cuando debía estudiar hasta tarde, de ayudarme a distraerme cuando mi cabeza no daba más, de su apoyo incondicional y de todo su cariño que me entrego en todo momento desde que la conocí.

También agradecer a todos los profesores que tuve el placer de conocer durante mi vida universitaria. Agradecerles toda la ayuda brindada y todo el conocimiento que me han otorgado.

Gracias a todos ustedes, quienes creyeron en la realización de esta tesis.

RESUMEN

El mantenimiento de activos físicos en una organización recibe su valor en función de las competencias del personal que realiza las tareas de mantenimiento. Partiendo desde las operaciones de mantenimiento más básico tal como lo es el mantenimiento correctivo, hasta alcanzar técnicas y sistemas de mantenimiento de mayor complejidad tal como es el mantenimiento basado en confiabilidad, la calidad del mantenimiento conlleva una relación directa con las habilidades y competencias de los equipos de mantenimiento o técnicos de mantenimiento. A diferencia de esto, para una estrategia de Mantenimiento Productivo Total (TPM), los sistemas de mantenimiento varían considerablemente en comparación a los sistemas tradicionales de mantenimiento. Bajo este tipo de estrategia, los operadores de los equipos y máquinas adquieren un rol predominante en las labores de mantenimiento de los equipos, sin dejar de lado a su vez al rol que deben seguir cumpliendo los técnicos de mantenimiento. Es precisamente la diferenciación entre las tareas de mantenimiento que deben desarrollar cada uno de estos actores lo que genera la necesidad de reevaluar y definir los nuevos requerimientos de competencias técnicas de mantenimiento para cada una de estas partes.

El entendimiento de los procesos productivos actuales de la empresa y los objetivos que se buscan con la implementación de TPM, permiten la identificación de las competencias técnicas requeridas para los operadores y los técnicos de mantenimiento, en donde la separación de actividades y formación diferenciada de competencias permite alcanzar la mayor eficiencia de mantenimiento y favorece el cumplimiento de los objetivos productivos. Es a través de la comprensión de estos objetivos y necesidades que se requiere formar y capacitar a los trabajadores del sector productivo de la empresa para ser capaces de contar con las habilidades y competencias necesarias para llevar a cabo las acciones de producción y mantenimiento que permitan alcanzar dichos objetivos. Es a partir de esta necesidad de formación y capacitación que se ha desarrollado un modelo de formación de competencias de mantenimiento para los operadores y los técnicos de mantenimiento con el fin de poder alcanzar una correcta implementación de TPM. El modelo propuesto cuenta como base modelos de desarrollo de mejoramiento continuo, tales como el ciclo DMAIC y el ciclo DMADV, a partir de los cuales se construye un modelo de tres grandes etapas conformadas por seis pasos distintivos que permiten construir un programa de desarrollo de competencias comenzando desde la definición de objetivos y terminando en procesos de control que permite asegurar que los resultados obtenidos se mantengan en el tiempo e incluso presenten mejorías.

Índice de Contenidos

1. Marco Teórico	1
1.1. Historia Del Mantenimiento	1
1.2. Evolución del Mantenimiento	2
1.3. Tipos De Mantenimiento	2
1.3.1. Mantenimiento Correctivo	2
1.3.2. Mantenimiento Preventivo	2
1.3.3. Mantenimiento Predictivo	3
1.3.4. Mantenimiento Proactivo	3
1.3.5. Mantenimiento Centrado En Confiabilidad	3
1.4. Introducción Al Mantenimiento Productivo Total	4
1.5. Objetivos Del TPM	6
1.5.1. Objetivos Estratégicos	6
1.5.2. Objetivos Operativos	6
1.5.3. Objetivos Organizativos	7
1.6. Las 5S En La Aplicación Del TPM	7
1.6.1. Seiri (Organizar o Clasificar)	8
1.6.2. Seiton (Ordenar)	8
1.6.3. Seiso (Limpiar)	10
1.6.4. Seiketsu (Estandarizar)	10
1.6.5. Shitsuke (Disciplina)	10
1.7. Los Pilares Del TPM	11
1.7.1. Mejora Enfocada o Método Kaizen	11
1.7.2. Mantenimiento Autónomo o Jisho Hozen	14
1.7.3. Mantenimiento Programado o Keikaku Hozen	16
1.7.4. Mantenimiento De Calidad o Hinshitsu Hozen	17
1.7.5. Prevención Del Mantenimiento	18
1.7.6. Mantenimiento De Áreas Soporte	19
1.7.7. Polivalencia Y Desarrollo De Actividades	19
1.7.8. Seguridad Y Entorno	20
1.8. Los Beneficios En La Aplicación Del TPM	21
1.8.1. Calidad Mejorada	21
1.8.2. Productividad Mejorada	21
1.8.3. Mejora En Entregas	22
1.8.4. Incremento En La Satisfacción De Los Trabajadores	22
1.8.5. Beneficios Económicos	22
1.9. Etapas De Implementación	23
1.9.1. Paso 1: Declaración de la alta gerencia	24
1.9.2. Paso 2: Campaña De Educación Y Difusión Del TPM	24
1.9.3. Paso 3: Definición De Estructura Organizacional Del TPM	24
1.9.4. Paso 4: Establecimiento De Políticas Y Metas	24
1.9.5. Paso 5: Elaboración Del Plan Maestro	25

1.9.6.	Paso 6: Lanzamiento Del Programa TPM	25
1.9.7.	Paso 7: Establecer Pilares Básicos	25
1.9.8.	Paso 8: Establecer El Programa De Mantenimiento Autónomo	25
1.9.9.	Paso 9: Aseguramiento De La Calidad	26
1.9.10.	Paso 10: Excelencia Administrativa	26
1.9.11.	Paso 11: Seguridad Y Medio Ambiente	26
1.9.12.	Paso 12: Implementación Del TPM	26
2.	Elementos Para La Evaluación De Competencias	28
2.1.	Indicadores Productivos	28
2.1.1.	Disponibilidad	28
2.1.2.	Tasa De Rendimiento	28
2.1.3.	Tasa De Calidad	29
2.1.4.	OEE	29
2.2.	Las Seis Grandes Pérdidas del TPM	29
2.2.1.	Pérdidas Por Averías	29
2.2.2.	Pérdidas De Preparación y Ajuste	31
2.2.3.	Inactividad y Pérdidas De Paradas Menores	32
2.2.4.	Pérdidas Por Velocidad Reducida	32
2.2.5.	Defectos De Calidad y Repetición De Trabajo	32
2.2.6.	Pérdidas De Puesta En Marcha	32
2.3.	Problemas Para La Implantación De TPM	33
2.3.1.	Problemas Externos Para La Aplicación De TPM	33
2.3.2.	Problemas Internos Para La Aplicación De TPM	34
2.4.	Casos De Aplicación Exitosa Del TPM	35
2.5.	Las Pérdidas En El Desarrollo De Competencias	37
3.	Competencias Técnicas Para El Mantenimiento	40
3.1.	El Factor Humano Y Resistencia Al Cambio	40
3.2.	El Capital Humano	41
3.3.	Gestión Del Conocimiento	42
3.4.	Formación Por Competencias	43
3.5.	Mantenimiento Autónomo	45
3.5.1.	Perspectiva Humana	45
3.5.2.	Perspectiva Del Equipamiento	46
3.5.3.	Pasos Del Mantenimiento Autónomo	48
3.5.4.	Paso 0: Preparación Del Mantenimiento Autónomo	48
3.5.5.	Competencias Asociadas Al Mantenimiento Autónomo	49
3.6.	Mantenimiento Proactivo	51
3.6.1.	Monitoreo De Condición	51
3.6.2.	Eliminación De Fallas	53
3.6.3.	Aplicación De Técnicas	54
3.6.4.	Competencias Asociadas Al Mantenimiento Proactivo	54
3.7.	Gestión De Mantenimiento	56
4.	Modelo De Evaluación, Desarrollo Y Control De Competencias De Mantenimiento	58
4.1.	Bases Del Modelo	59
4.2.	Paso 0: Decisión De Implementar TPM	66
4.3.	Paso 1: Definir	68
4.4.	Paso 2: Evaluar	72
4.5.	Paso 3: Analizar	75
4.6.	Paso 4: Formar	77
4.7.	Paso 5: Verificar	79
4.8.	Paso 6: Controlar	80
4.9.	Herramientas Para La Implementación Del Modelo	81

5. Conclusión	83
Bibliografía	87
A. Anexo I: Diagrama De Decisión Implementación TPM	90



Índice de Tablas

1.1. Evolución del mantenimiento.	2
1.2. Siete pasos del mantenimiento autónomo.	15
1.3. Seis pasos para la implementación del mantenimiento programado.	16
1.4. Mantenimiento de calidad.	17
1.5. Implementación de mantenimiento de calidad	18
1.6. Pasos para el pilar de polivalencia y desarrollo de actividades	19
1.7. Pasos para implementar pilar de seguridad	20
2.1. Indicadores de desempeño de producción Mato Grosso.	36
3.1. Los siete pasos del mantenimiento autónomo y actividades esperadas.	48
4.1. Etapas del Modelo de Desarrollo de Competencias de Mantenimiento Para TPM.	65
4.2. Reparto de actividades de mantenimiento recomendadas.	69
4.3. Competencias a desarrollar.	71
4.4. Herramientas por etapa para el desarrollo del modelo.	82

Índice de Figuras

1.1. Proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad.	4
1.2. Departamentos que abarca el TPM en las empresas.	5
1.3. Las 5'S	7
1.4. Esquema sobre la clasificación y el orden en SEIRI.	8
1.5. Ejemplo de correcta aplicación de Seiton.	9
1.6. Representación de Seiso.	10
1.7. Los 8 pilares del TPM.	11
1.8. Ciclo PHVA.	12
1.9. Proceso Kobetsu Kaizen.	14
1.10. Las 12 etapas de implementación del TPM.	23
2.1. Las 6 grandes pérdidas y la efectividad del equipo.	30
3.1. Componentes del capital humano.	41
3.2. Definición formal de Gestión del Conocimiento.	43
3.3. Tasa de falla de los equipos en función del tiempo.	47
3.4. Efecto de las acciones de mantenimiento autónomo.	47
3.5. Intervalo P-F de falla.	53
4.1. Etapas del ciclo PDCA.	59
4.2. Etapas del ciclo DMAIC.	60
4.3. Los 5 Porqués.	61
4.4. Flujo de proceso DMAIC.	62
4.5. Ciclo DMADV.	64
4.6. Análisis de interesados.	70
4.7. Ejemplo diagrama de Pareto.	75
4.8. Ejemplo priorización de competencias.	76

INTRODUCCIÓN

El desarrollo productivo de las distintas industrias se centra en el funcionamiento de equipos de trabajo, trabajadores y maquinaria. Estos elementos deben ser capaz de funcionar en armonía para llevar a cabo una producción eficiente y eficaz, sin embargo, cada uno de estos elementos se encuentra sujeto a sufrir fallas y accidentes. Desde los comienzos de la revolución industrial se han desarrollado diversos métodos y herramientas de para el desarrollo de mantenimiento sobre los equipos, comenzando desde sistemas sencillos como el mantenimiento correctivo, llegando a alcanzar sistemas de mayor complejidad como el mantenimiento basado en confiabilidad. Los cambios en la mentalidad y metodología del mantenimiento surge como respuesta a la búsqueda por parte de las empresas en alcanzar la mayor eficiencia y eficacia de los equipos, permitiendo aumentar la producción, disminuir la cantidad de fallas y mejorar la calidad de los productos finales.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una estrategia de mantenimiento concedida en los años 60's la cual modifica los sistemas tradicionales de mantenimiento para asegurar la máxima disponibilidad posible de los equipos e incrementar la calidad final de los productos. Esta metodología se basa en los principios de las 5S para establecer sus ocho pilares fundamentales. El TPM es una metodología que no solo afecta al mantenimiento de los equipos, sino que también busca el cambio total en la mentalidad de todos los trabajadores, desde los operadores de los equipos hasta los altos cargos de las empresas. Es por este motivo que el TPM no es una estrategia que se puede aplicar solamente a las empresas productivas, sino que esta es a su vez aplicable sobre empresas de que entreguen servicios.

Los sistemas de mantenimiento cambian radicalmente con la implementación del Mantenimiento Productivo Total. En los sistemas tradicionales de mantenimiento, los responsables del total de los trabajos y acciones de mantenimiento son los técnicos de mantenimiento, sin embargo, bajo un modelo de TPM los operadores adquieren un rol fundamental en las labores de mantenimiento primario, en donde estos son los encargados de, a través de acciones de mantenimiento proactivo y mantenimiento autónomo, evitar que el equipo presente fallas y realizar mejoras para incrementar la disponibilidad del equipo y la calidad del producto final. De igual forma, los técnicos de mantenimiento obtienen un rol fundamental en el conocimiento profundo de los equipos, adquiriendo la necesidad de realizar labores de mantenimiento complejas e implementar mejoras a los equipos para asegurar que estos se mantengan seguros y disponibles para todo momento que sean requeridos. Con esto se busca asegurar el cumplimiento de los "tres ceros" objetivos del TPM:

- Cero Defectos.
- Cero Accidentes.
- Cero Averías.

Producto de la importancia que presenta que tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento realicen sus labores de mantenimiento de manera eficiente y eficazmente, es que este trabajo se enfocará en el estudio de empresas productivas, en especial aquellas en que se utilicen una gran cantidad de equipos operados por trabajadores para el desarrollo de un producto final (Productoras de alimentos, productoras de equipos, plantas eléctricas, maestranzas, etc), para el análisis y desarrollo de competencias de mantenimiento necesarias para la correcta aplicación de una metodología de Mantenimiento Productivo Total, a través de un modelo que permita identificar, evaluar competencias y formar competencias de manera distintiva entre los operadores y los técnicos de mantenimiento, en función de las diferentes tareas y actividades de mantenimiento que cada una de estas partes deberá desarrollar como resultado de la aplicación del TPM.

OBJETIVOS

La propuesta de valor del Mantenimiento de activos físicos se basa en las competencias de las personas que realizan las tareas propias del Mantenimiento, y en el ámbito del Mantenimiento Productivo Total (TPM), incluye a los operadores, por lo que se hace necesario establecer las bases de la preparación técnica de los roles que participan.

El objetivo general de este Trabajo de Titulación es:

Generar una propuesta de competencias en mantenimiento para la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Para lograr cumplir el objetivo planteado, se afrontarán los siguientes objetivos específicos:

- Identificar herramientas y técnicas, para la implementación de TPM, relacionadas con competencias requeridas.
- Determinar requisitos bases de las empresas para lograr la formación de competencias para el Mantenimiento.
- Identificar las competencias técnicas, relacionadas a los objetivos que persigue la implementación de TPM.
- Generar propuesta de modelo de competencias para la implementación de TPM, considerando evaluación y control.

1 | Marco Teórico

1.1. Historia Del Mantenimiento

Se define el mantenimiento como todas las acciones realizadas que tienen como objetivo preservar o restaurar un artículo a un estado en el cual pueda ejecutar la función requerida.

A partir de la revolución industrial originada en el año 1760, el desarrollo industrial se ha basado en el trabajo conjunto de la maquinaria y la mano de obra humana. La utilización de las máquinas implicó la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento para permitir mantener en operación dichas máquinas y de esta forma mantener en funcionamiento la producción.

Hasta antes del siglo XIX, el mantenimiento de las máquinas era estrictamente correctivo, es decir, se esperaba a que ocurriese una falla para realizar una mantención y reparación de esta. A comienzos del año 1916 y con la primera guerra mundial presente, en Estados Unidos se buscó la manera de evitar los retrasos de las producciones producidas por los elevados tiempos de encontrar y reparar las fallas de las máquinas utilizadas para la producción de armas y artillería utilizados por las tropas norteamericanas. Producto de esta necesidad nace los mantenimientos preventivos programados, los cuales permiten realizar inspecciones de las máquinas previo a la falla para, permitiendo realizar mantenciones en menor tiempo y así aumentando la producción.

A inicio de los 50's, Japón buscaba reponer y reconstruir su industria por lo cual buscaron ayuda desde Estados Unidos, en donde con la ayuda de William Edwards Deming pudieron adoptar y mejorar los procesos industriales creados en los Estados Unidos. A partir de esta época, en Japón se comienza a complementar los procesos de mantenimiento preventivo y mantenimiento productivo. Se le entregó una mayor importancia no solo a la máquina dentro de la industria, sino que, a la máquina como elemento fundamental para generar un producto o servicio de calidad, lo cual finalmente es el fin de cada empresa.

A pesar de que el mantenimiento productivo fue creado en Japón, algunas personas afirman que el "Mantenimiento Productivo Total" (TPM) fue creado en Estados Unidos, sin embargo, la evidencia nos indica que el TPM fue creado en los años 70 en el Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta (JIPM) en donde se postularon los conceptos del TPM y se llegaron a implementar en una gran cantidad de fábricas dentro de Japón.

1.2. Evolución del Mantenimiento

Tabla 1.1: Evolución del mantenimiento.

1760	Inicio de la revolución industrial y del Mantenimiento Correctivo (MC).
1798	Estandarización de componentes en las maquinarias. Inicio de producción en masa. Disminución de costos de MC
1910	Creación de cuadrillas de MC
1914	Inicio Primera Guerra Mundial. Creación de sistema de Mantenimiento Preventivo (MP).
1927	Utilización de análisis estadístico para realizar planes de mantenimiento.
1937	Introducción del principio de W. Pareto para establecer prioridades en la industria.
1946	Mejoras al Control Estadístico de Calidad (SQC) para mejorar los trabajos del MP.
1950	Desarrollo del Mantenimiento Productivo (MP) en EE.UU.
1951	Se desarrolla el Análisis de Weibull , lo cual permite comenzar a estimar probabilidad de falla en los equipos a partir de datos y supuestos estadísticos.
1960	Desarrollo del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) .
1962	Desarrollo de los Círculos de Calidad (QC) basados en el Mantenimiento Preventivo.
1965	Desarrollo del análisis <i>Causa-Raíz (RCA)</i> .
1968	Presentación del libro Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM Mejorado) .
1971	Desarrollo del Mantenimiento Productivo Total (TPM) .
1980	Desarrollo de la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO).
1995	Desarrollo de los 5 Pilares del Espacio de Trabajo Visual (5S's) .
2005	Estudio de la filosofía de la Conservación Industrial (IC).

1.3. Tipos De Mantenimiento

A lo largo de la historia se han desarrollado y utilizado diversos tipos de mantenimientos. Para lograr una mayor comprensión del desarrollo del Mantenimiento Productivo Total, se presentan a continuación definiciones de diferentes clases de mantenimiento, las cuales son utilizadas para la aplicación del TPM:

1.3.1. Mantenimiento Correctivo

El Mantenimiento Correctivo (MC) es aquel en que se realizan las actividades de mantenimiento sobre un equipo cuando este presenta una falla o ya no puede cumplir con su función principal. El MC tiene como objetivo restaurar o reparar un activo para que este vuelva a ejecutar su función principal.

Esta clase de mantenimiento corresponde a la más básica de todos los tipos de mantenimiento, pues esta no requiere trabajo de planificación previa ni tampoco realizar un análisis de la causa del fallo. Producto de esto, el MC genera un alto tiempo de detención de la producción, lo cual a su vez se refleja en una disminución de la disponibilidad de los equipos y una menor eficiencia productiva.

En la industria actual no es recomendada la aplicación de esta clase de mantenimiento en equipos críticos, sin embargo, el MC es aún aplicado en equipos secundarios o no críticos.

1.3.2. Mantenimiento Preventivo

El Mantenimiento Preventivo (MP) se crea como la evolución del mantenimiento correctivo. En esta clase de mantenimiento se realizan intervenciones sobre los equipos previos a la existencia de la falla con el

objetivo de aumentar la vida útil del activo y disminuir el tiempo entre averías.

El MP debe ser planificado en intervalos de tiempo establecidos estadísticamente para realizar las actividades de mantenimiento previo a la falla. Para esto se realizan análisis estadísticos como el **Análisis de Weibull** para determinar la probabilidad de falla de un equipo en función de datos conocidos de fallas previas y supuestos de condiciones de trabajo.

El mantenimiento preventivo es la base de todas las clases de mantenimiento moderna. Además, esta clase de mantenimiento es altamente utilizada en la industria actual en especial sobre los equipos más críticos, lo cual permite evitar pérdidas de producción y aumentar la eficiencia. Al contar con una programación, se logra también reducir considerablemente los costos de mantenimiento de los equipos.

1.3.3. Mantenimiento Predictivo

Esta clase de mantenimiento es altamente dependiente de los operadores de los equipos. Este método de mantenimiento se basa en el conocimiento del estado del equipo para determinar la probabilidad de falla. Existen parámetros los cuales permiten detectar una condición negativa del equipo, como: vibraciones, ruido, temperatura, velocidad, entre otras.

Para el correcto funcionamiento de esta clase de mantenimiento, se debe contar con la participación activa de los operadores de los equipos, además de sistemas de comunicación con área de mantenimiento y alta capacidad de reacción.

El Mantenimiento Predictivo se puede considerar como una extensión del mantenimiento preventivo, es decir, es posible implementar el mantenimiento predictivo mientras se cuenta a su vez con mantenimiento preventivo. Esto permite aumentar más aún la vida útil de un equipo y disminuir los costos de mantenimiento evitando mayormente la necesidad de realizar mantenimiento correctivo.

1.3.4. Mantenimiento Proactivo

A diferencia de las clases de mantenimiento mencionadas anteriormente, el mantenimiento proactivo tiene como objetivo buscar la causa raíz de la avería, pérdida de tiempo o parada. Esto permite implementar soluciones y/o modificaciones sobre el equipo para evitar que el problema se vuelva a manifestar.

Al igual que con el mantenimiento predictivo, esta clase de mantenimiento suele requerir de la participación activa de los operadores, pues estos son los primeros que pueden detectar los problemas relacionados al equipo.

El mantenimiento proactivo puede generar grandes impactos en término de la disponibilidad de los equipos y de la eficiencia de producción, sin embargo, las modificaciones o cambios requeridos para solucionar los problemas pueden implicar la necesidad de generar incluso un rediseño del equipo.

1.3.5. Mantenimiento Centrado En Confiabilidad

El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM por su sigla en inglés) corresponde a una clase de mantenimiento de alto estándar, la incorpora las estrategias de los mantenimiento preventivo, predictivo y proactivo.

El RCM no es una metodología enfocada únicamente al mantenimiento, sino que esta es definida como una de organización y gestión de actividades a nivel empresarial. Es utilizada principalmente como mecanismo para asegurar que los activos de la empresa continúen realizando las tareas requeridas a nivel operacional con el menor número de detenciones no planificadas posible. Producto de esto, esta clase de técnica no es simplemente utilizada para la identificación de tareas de mantenimiento, sino que se utiliza también para realizar el análisis de riesgo de falla en los equipos y clasificar los componentes críticos de estos.

Para considerar que un modelo de mantenimiento sea definido como RCM este debe cumplir los criterios mínimos establecidos por la norma SAE JA1011, con lo cual se debe asegurar de poder responder las siguientes preguntas:

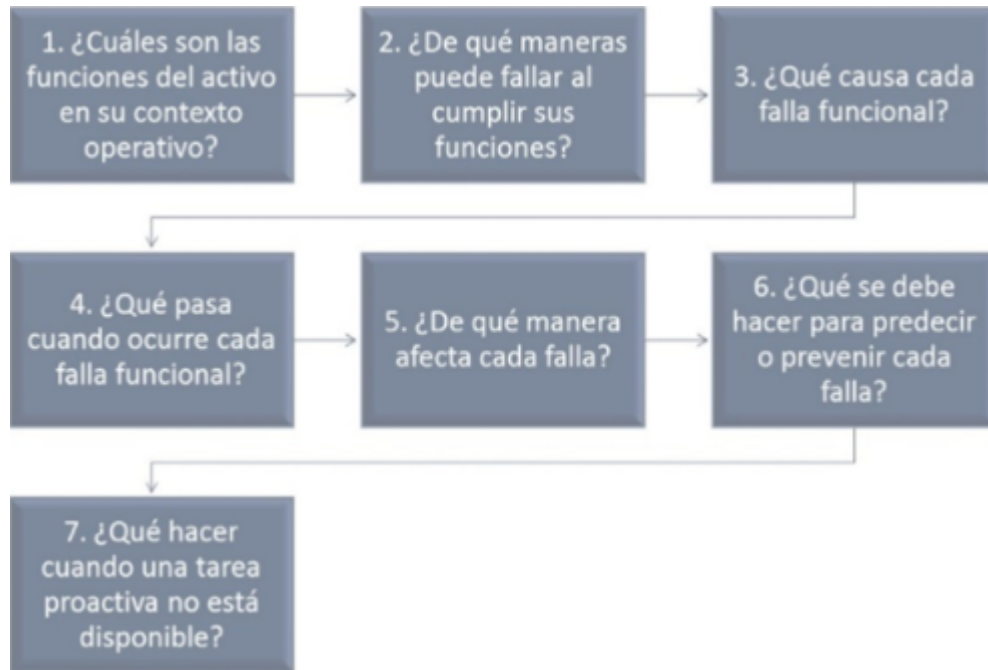


Figura 1.1: Proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad.

Fuente: Instituto Politécnico Nacional

1.4. Introducción Al Mantenimiento Productivo Total

El Mantenimiento Productivo Total (TPM por su sigla en inglés), es considerado principalmente como una estrategia industrial o sistema de gestión para el desarrollo de actividades que maximicen la eficiencia operacional.

Desarrollada en la década de los 70's por la industria japonesa, surge a través de la necesidad de mejorar la calidad de los productos y servicios proporcionados por las empresas. Para lograr cumplir con este objetivo, el TPM busca la integración del personal con los procesos productivos. Esto incluye desde los operadores de los equipos hasta los altos cargos gerenciales. De esta forma, se busca generar un aumento de la eficiencia productiva eliminando todas las pérdidas, aumentando la productividad del personal en función de los procesos productivos y a su vez aumentando de igual forma la productividad de los equipos.

El Instituto de Mantenimiento de Planta Japonés (Japan Institute of Plant Maintenance "JIPM"); instituto que desarrolla los conceptos y metodologías del TPM; define al Mantenimiento Productivo Total como:

“El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene todas las pérdidas en todas las operaciones de las empresas. Esto incluye cero accidentes, cero defectos y cero fallos en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.” (Álvarez, 2008, p.2).

De acuerdo con la definición entregada por el JIPM, podemos entender el TPM como un sistema que las empresas deben adoptar como cultura organizacional para maximizar la eficacia de los procesos. Producto de esto, el TPM se encuentra asociado a sistemas de mejoramiento continuo para generar el crecimiento a nivel productivo que se espera de la eficiencia operacional.

El TPM al ser un elemento no único al área de mantenimiento, sino que un sistema organizacional, implica que este debe ser adoptado por todos los sectores de la empresa, incluyendo producción, desarrollo y sectores administrativos. De esta manera, se incentiva a la participación activa de todos los trabajadores sobre el proceso productivo para obtener un actuar de forma alineada por parte de todos los integrantes de la empresa.

El TPM entrega a las empresas un mecanismo para alcanzar la mayor eficacia posible de la producción a través de las metas: cero accidentes, cero defectos y cero averías. Para alcanzar estos objetivos, el TPM obtiene inspiración de las clases de mantenimiento preventivo, predictivo, proactivo y centrado en confiabilidad, sin embargo, la innovación principal que entrega este sistema radica en que los operadores de los equipos se convierten en los actores principales del sistema. Esto es logrado a través del desarrollo de competencias de los operadores, permitiendo que estos realicen el mantenimiento básico de sus equipos, detecten fallas en los equipos, propongan ideas de mejora y generen un cambio en la organización. La capacitación sobre los trabajadores permite el cambio del paradigma "yo opero, tú arreglas" dando paso a una mayor responsabilidad de los trabajadores en donde "yo soy responsable de mi propio equipo". Esta relación directa que se genera entre los operadores y la máquina permite anticiparse a las averías, generar mejoras del proceso, disminuir los tiempos de mantenimiento y generar un producto final con un menor número de defectos.

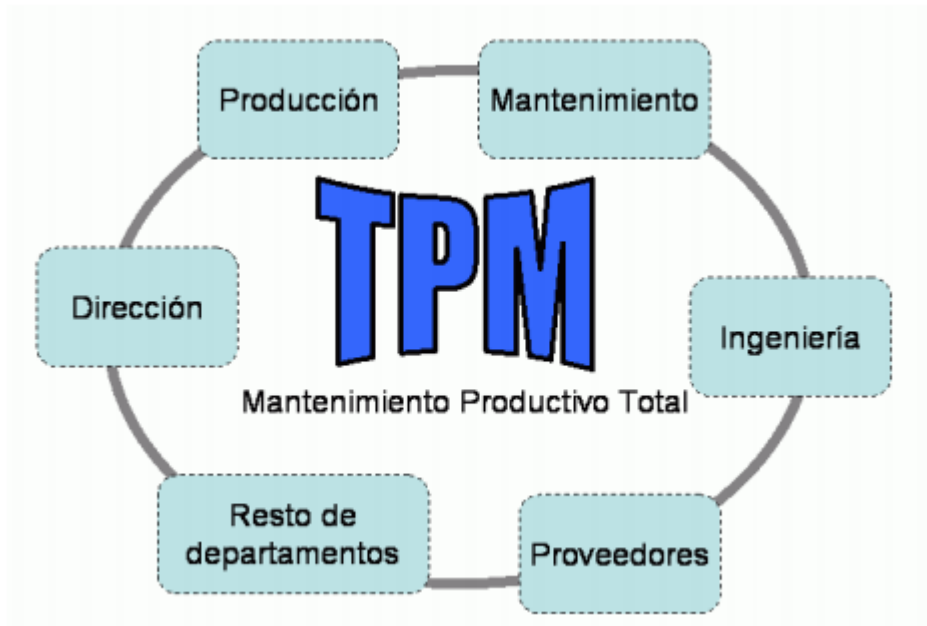


Figura 1.2: Departamentos que abarca el TPM en las empresas.

Fuente: Lean Manufacturing Y Productividad Personal - Leanroots

1.5. Objetivos Del TPM

Los objetivos del TPM se pueden dividir en tres grandes áreas: objetivos estratégicos, operativos y organizativos. A través de la aplicación del TPM, se pueden obtener beneficios en cada una de estas áreas de la empresa.

1.5.1. Objetivos Estratégicos

Uno de los principales objetivos de toda empresa es obtener una mayor participación de mercado, sin embargo, muchas veces estas se encuentran limitadas por la capacidad productiva o la calidad final de los productos o servicios. La aplicación del mantenimiento productivo total busca aumentar la competitividad de las empresas dentro del mercado a través de la incorporación de ventajas competitivas como el menor número de defectos en los productos finales, la mayor calidad final del producto, el menor número de fallos en la producción, el mayor rendimiento operacional posible y cero accidentes durante la producción. Esto permite mejorar la imagen de la empresa dentro del mercado, además de permitir cubrir de mejor forma los cambios en la demanda y presentar una mejor oferta al mercado.

Alcanzar este objetivo requiere de un proceso importante de planificación y compromiso desde los altos cargos de la empresa. El objetivo debe ser planteado en las etapas iniciales de la planificación del TPM y este debe estar alineado con la misión y visión de la empresa, además de ser este un objetivo realista y alcanzable. Los procesos de mejoramiento continuo permiten generar grandes cambios y no estancar a la empresa con objetivos obsoletos y mal entendimiento del mercado externo, lo cual a su vez permite generar una gran confianza en la empresa por parte de los clientes, además de presentar un compromiso con el bienestar y la participación de los clientes internos y externos.

1.5.2. Objetivos Operativos

Para lograr los objetivos estratégicos de la empresa, una de las tareas más importantes pasa a ser el aumentar la eficacia del proceso productivo. La aplicación del TPM busca obtener cero fallos, cero defectos y cero accidentes. Para aumentar la eficacia de los procesos a nivel operacional se hace fundamental cumplir con "los tres ceros del TPM".

A nivel productivo, obtener cero defectos implica que el total de todos los productos finales se encuentren dentro del estándar de calidad esperado por la empresa. A pesar de que puede ser altamente complejo obtener un 100 % de los productos dentro del estándar establecido, minimizar la cantidad de productos defectuosos implica un menor desperdicio de materiales y tiempo de producción promedio por producto no defectuoso. Esto a su vez implica una disminución de los costos operativos, lo cual se puede reflejar como una disminución en el precio final del producto, lo cual puede implicar una ventaja competitiva en el mercado.

Por otra parte, obtener cero fallos y cero accidentes implica generar un aumento en la disponibilidad de los equipos. Esto se convierte en un elemento esencial para aumentar la eficiencia productiva y poder aumentar la producción de la planta.

Estos elementos del TPM se encuentran enfocados en eliminar lo máximo posible los desperdicios en las actividades que desarrolle la organización y alcanzar el máximo de la capacidad instalada. A su vez, para alcanzar la máxima capacidad instalada, se deben eliminar todos los desperdicios en los procesos de mantenimiento a través de actividades eficientes y eficaces de mantenimiento en momentos oportunos planificados, de tal modo de no interrumpir el proceso productivo y así optimizar los procesos.

1.5.3. Objetivos Organizativos

Tal como se ha mencionado anteriormente, la gran innovación que presenta el TPM es la alta participación requerida por parte de los operarios y los trabajadores de la empresa. Esto implica que los trabajadores se vuelven el eslabón más importante de la empresa, por lo cual se convierte en una tarea fundamental mejorar la productividad de los trabajadores.

El TPM busca incentivar el crecimiento personal de los empleados explotando sus mejores cualidades y eliminando las cualidades negativas. Para esto se busca incrementar la moral del trabajador a través de un grato ambiente laboral y fortalecer las relaciones personales de los empleados fortaleciendo del trabajo de equipo.

Para aumentar la participación de los trabajadores, a los operadores se le entrega la libertad de participar en los procesos de toma de decisión en la empresa. Permitir ser escuchados y ser elemento activo dentro de la solución a los problemas existentes permite generar un sentido de pertenencia con la empresa y a su vez, generar un crecimiento personal y profesional, con lo cual se logra aumentar la felicidad del trabajador y mejorar el ambiente laboral. La implementación de este sistema permite obtener un clima laboral agradable, lo cual motiva a los trabajadores a ser más efectivos y productivos.

1.6. Las 5S En La Aplicación Del TPM

La metodología 5S fue creada en los años 60s en Toyota, con el objetivo de agrupar actividades para permitir que los trabajos sean ejecutados de forma organizada, ordenada y limpia. Para alcanzar esto, se debe reforzar los buenos hábitos de comportamiento e interacción social, para así obtener un ambiente de trabajo productivo y eficiente.

Para lograr una correcta implementación del TPM, se considera extremadamente importante la aplicación de la metodología 5S. Es por este motivo que las 5S son consideradas la base principal sobre la cual se basan los pilares fundamentales del TPM. El ingeniero Humberto Álvarez Laverde, quien es considerado un experto en la aplicación de TPM en Asia, Europa y América, expresa la gran importancia de aplicar las 5S en todo sistema de mejoramiento continuo, como lo es el TPM. A continuación, se explican los conceptos detrás de las 5S y la importancia que cumplen cada una de estas en la industria.



Figura 1.3: Las 5'S

1.6.1. Seiri (Organizar o Clasificar)

Seiri significa organizar o clasificar los objetos del área de trabajo. El propósito del Seiri es eliminar los elementos innecesarios del área de trabajo, los cuales pueden causar pérdidas de tiempo, falta de espacio de trabajo, errores y aumento de riesgo de accidente.

Al momento de realizar la selección de los elementos innecesarios en el área de trabajo, usualmente se tienden a dejar objetos innecesarios dentro del área de trabajo producto que se suele pensar que estos pueden ser útiles en el futuro. Existen diversas técnicas para separar los elementos innecesarios de las áreas de trabajo. Por ejemplo, en Japón, se utilizan tarjetas rojas para etiquetar todos los elementos que su utilidad se encuentre en duda. Si estos elementos no son reutilizados al cabo de un tiempo, se consideran elementos no necesarios del área y deben ser eliminados del área. Eliminar los desechos y los materiales innecesarios permite aumentar la eficiencia de los trabajadores, eliminando errores por uso de herramientas incorrectas y pérdidas de tiempo por falta de espacio para trabajar.

La organización de los puestos de trabajo es considerada un elemento básico para la implantación de un mantenimiento autónomo. Es necesario que en cada puesto de trabajo cumpla con los requerimientos de organización para permitir realizar las tareas de mantenimiento básico de los equipos como mínimo.



Figura 1.4: Esquema sobre la clasificación y el orden en SEIRI.

Fuente: Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM, E. Fernández

1.6.2. Seiton (Ordenar)

El principio de Seiton busca disponer de sitios específicos para cada componente del área de trabajo. Se utilizan ayudas visuales para demarcar el sitio de cada componente y herramienta, lo cual favorece la disciplina en el área de trabajo, disminuye los tiempos de búsqueda y asegura que las herramientas no se extravíen.

También se busca lograr una identificación del grado de utilidad de cada elemento para así permitir que los elementos más importantes se coloquen en posiciones fácilmente accesibles. Se suelen utilizar ayudas visuales, como colores brillantes, para facilitar la identificación de las zonas de trabajo y de los materiales más utilizados.

La organización necesaria para cumplir con Seiton, debe ser aplicado en:

- Estanterías.
- Armarios.
- Cajas de herramientas.

- Pasillos.
- Almacén.
- Suelo.
- Mesa de trabajo.
- Máquinas.
- Útiles.
- Catálogos.
- Entre otros.



Figura 1.5: Ejemplo de correcta aplicación de Seiton.

1.6.3. Seiso (Limpiar)

Seiso significa limpiar. Eliminar los residuos, limpiar los equipos y eliminar todos los elementos contaminantes puede proporcionar mejoras relacionadas a la calidad. Es necesario designar tiempos para realizar labores de limpieza en la operación, permitiendo ayudar con el orden y evitar que los residuos puedan atascarse en las máquinas.

En el TPM, la limpieza es una herramienta del auto mantenimiento. Los operarios pueden aprovechar el tiempo de la limpieza para realizar inspecciones en los equipos y prevenir cualquier detención innecesaria para solucionar averías menores. Los trabajos de limpieza deben poder ser desarrollados de manera sencilla por los operarios, por lo que esto puede llevar incluso a requerir trabajos de reingeniería sobre los equipos. Esto permite que las tareas de limpieza no se conviertan en una carga ocupacional tediosa o excesiva.



Figura 1.6: Representación de Seiso.

1.6.4. Seiketsu (Estandarizar)

Una vez que se han implementado las primeras "tres eses", se puede aplicar la estandarización de estos sistemas en todos los puestos de trabajo. Se debe asegurar de que todas las herramientas, codificaciones, colores de identificación y cualquier elemento utilizado para cumplir Seiri, Seiton y Seiso se encuentre estandarizado y aplicado en todos los puestos de trabajo.

La estandarización cumple un papel fundamental en la implementación del TPM. Permitir que todos los puestos de trabajo funcionen bajo las mismas condiciones y con los mismos materiales permite facilitar los trabajos de mantenimiento que se deban desarrollar por personal de mantenimiento o por cualquier trabajador que deba encontrarse trabajando en un área distinta a la habitual. Esto permite facilitar la rotación del personal y permitir que reemplazos puedan operar sin mayor dificultad.

1.6.5. Shitsuke (Disciplina)

La disciplina es un elemento fundamental que desarrollar para asegurar que se cumplan los elementos estandarizados a lo largo del tiempo. La aplicación del Shitsuke está ligado directamente con la cultura de autodisciplina para lograr que las 5S perduren en el tiempo.

Se debe asegurar de cumplir las normas y los procedimientos estandarizados en las áreas de trabajo. Cumplir con las rutinas de inspección y limpieza asociados a la producción, así como también realizar periódicamente las rutinas de mantenimiento y orden en el área de trabajo, son elementos básicos para alcanzar los estándares de auto mantenimiento que busca la implementación del TPM.

Todo elemento de rutina y estandarizado en las industrias se vuelven fundamentales para cumplir con los objetivos de las 5S y del TPM, por lo cual no se debe despreciar ninguna rutina por más pequeñas o evidentes que estas puedan parecer.

1.7. Los Pilares Del TPM

Los pilares del TPM corresponden a todas las acciones, herramientas y procesos fundamentales para la correcta aplicación de esta estrategia de mantenimiento. Bajo este punto se puede decir que, si las 5'S son la base o fundación del TPM, entonces los pilares son los soportes que permiten la existencia del TPM. Se pueden distinguir ocho pilares fundamentales del TPM.



Figura 1.7: Los 8 pilares del TPM.

Fuente: Los 8 pilares del TPM - BSG Institute

1.7.1. Mejora Enfocada o Método Kaizen

Consiste en el desarrollo de un proceso de mejoramiento continuo a partir de actividades a desarrollarse de manera individual o grupal con el fin de maximizar la efectividad global de los procesos y equipos de las plantas. Con esto se busca lograr eliminar o reducir al mínimo las seis grandes pérdidas.

Para realizar los planes y acciones de mejora enfocada, se siguen los pasos del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar).

El método Kaizen se basa en el ciclo PHVA para lograr desarrollar un procedimiento de mejora enfocada. Para el TPM, este procedimiento busca involucrar a los operarios de los equipos para desarrollar acciones de mantenimiento con la finalidad de mejorar el rendimiento de los equipos a su nivel ideal. Este proceso se logra implementando los siete pasos de mejora enfocada:



Figura 1.8: Ciclo PHVA.

Fuente: El PHVA y las normas ISO 9000 - Gilberto Quesada Madriz

Selección De Tema De Estudio

Para lograr generar una mejora enfocada, se debe seleccionar con precisión el elemento a estudiar o los temas industriales a analizar para realizar las mejoras. Estos temas se eligen a partir de los siguientes criterios:

- Objetivos superiores de la dirección industrial.
- Problemas de calidad y entrega al cliente.
- Criterios organizativos.
- posibilidades de replicación en otras áreas de la planta.
- Relación con otros procesos de mejora continua.
- Mejoras significativas para construir capacidades competitivas desde la planta.
- Factores innovadores.

Crear La Estructura Para El Proyecto

Este paso requiere de la participación de operarios de distintas áreas que estén involucradas con el proceso para así desarrollar una estructura de equipos interfuncionales. Es importante contar con un respaldo motivacional por parte de la organización hacia los equipos para incentivar a los trabajadores y permitir que el trabajo tenga éxito.

Identificar La Situación Actual y Formular Objetivos

Esta etapa del proceso es fundamental para el éxito del proyecto. Se busca analizar la situación actual del área de estudio para entender las pérdidas y los problemas existentes en el proceso y así poder establecer los objetivos concretos de mejora.

Es importante remarcar en esta etapa que no se deben realizar planes ni acciones de mejoras antes de realizar mediciones y establecer los objetivos. Intentar desarrollar acciones de mejora inmediatamente puede resultar en la generación de nuevas pérdidas y perder el foco de la causa raíz de los problemas.

Diagnóstico Del Problema

Una vez que se haya realizado los análisis del estado actual, se procede a realizar el diagnóstico del problema. Es importante enfocarse en encontrar la causa raíz del problema y no enfocarse en los problemas superficiales. Para esto existen diversas herramientas que facilitan el diagnóstico del problema, tales como: Los 5 porqués, Análisis de datos, AMFES, entre otras.

Formular Plan De Acción

Una vez realizadas las investigaciones y diagnosticados los problemas correspondientes al tema de estudio, se debe proceder a formular un plan de acción que permita eliminar los problemas. Este plan debe incluir acciones a realizar por todos los actores relacionados al proceso, con el objetivo de cumplir con las metas y objetivos propuestos.

Implantar Mejoras

Esta etapa contempla la realización de las acciones propuestas en el plan de acción por parte de todo el personal relacionado con el proceso. Estas mejoras deben requerir de la participación activa de los operarios, los cuales tienen un mayor conocimiento del proceso y los cuales pueden generar que las mejoras permitan alcanzar los objetivos propuestos.

Evaluar Los Resultados

Al ser este un trabajo de mejoramiento continuo enfocado, se debe contar con una constante evaluación de los resultados obtenidos. Esta evaluación permitirá determinar si los objetivos propuestos son alcanzados y permitirán continuar generando más acciones de mejora futura.

Los resultados deben ser publicados dentro de la empresa de tal manera de que los trabajadores y operadores puedan visualizar los logros obtenidos y fomentar la participación en nuevos procesos de mejora.

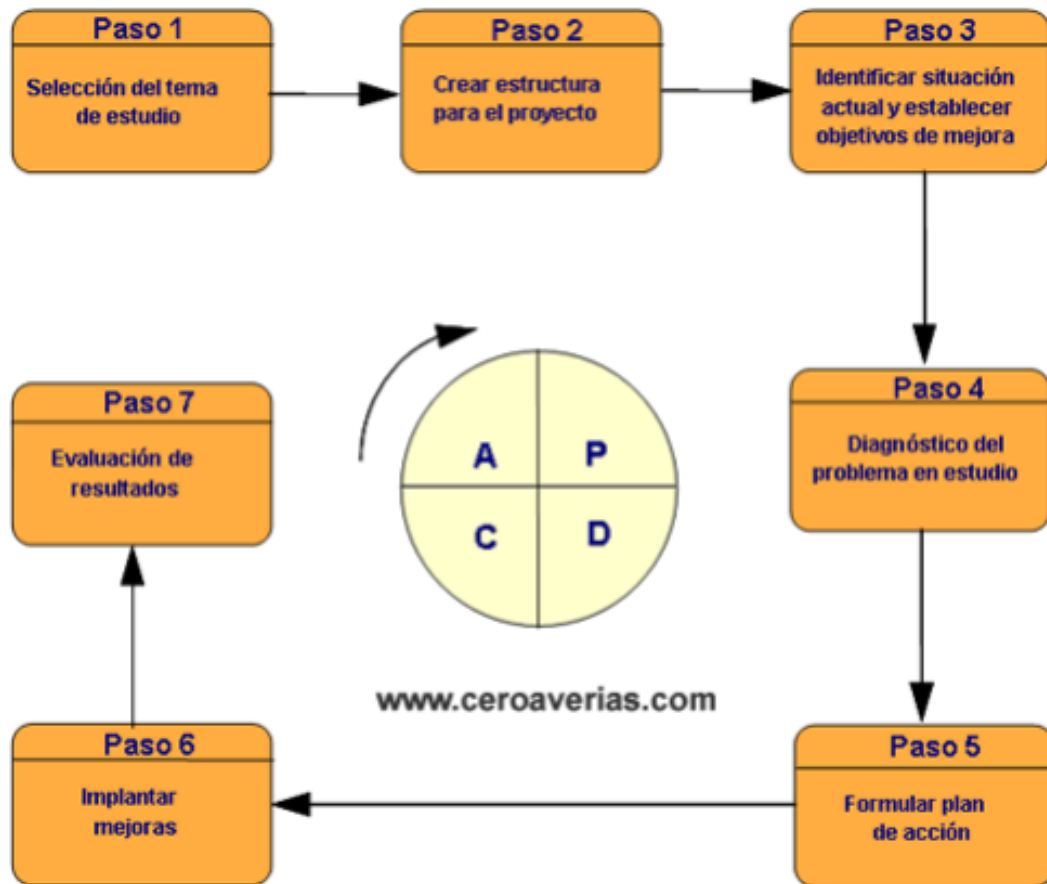


Figura 1.9: Proceso Kobetsu Kaizen.

Fuente: www.ceroaverias.com

1.7.2. Mantenimiento Autónomo o Jisho Hozen

A partir de las 5S, se establece que el TPM busca la participación activa de los operadores. A partir de este concepto, el mantenimiento autónomo se convierte en uno de los pilares fundamentales en la implementación del TPM, con el cual se busca que los operarios aprovechen su conocimiento de los equipos que operan para mantener a estos en condiciones óptimas de trabajo.

La preparación de los operarios para poder realizar mantenimiento autónomo requiere de preparación profesional y de alto conocimiento de los equipos y sus mecanismos internos. A partir de este conocimiento, los operarios podrán entender la importancia de cada componente en el equipo, entendiendo así como conservar cada componente en su mejor estado y comprendiendo también los problemas y dificultades causadas por la falta de mantenimiento de los componentes.

A partir de los conocimientos de los equipos por parte de los operadores, podrán realizar diagnósticos y mantenimientos de primera etapa sobre los equipos, además de poder participar y generar ideas de mejoras para su propio equipo.

Es importante entender que el mantenimiento autónomo no le entrega completa responsabilidad de las tareas de mantenimiento a los operarios, sino que las tareas de mantenimiento más básicas serán las que

se requerirán por parte de los operadores, mientras que las tareas de mantenimiento de segunda etapa o de problemas mayores seguirá siendo responsabilidad de los mantenedores.

Para lograr una exitosa implementación del mantenimiento autónomo, el JIPM sugiere la aplicación de los siete pasos presentados en la siguiente tabla:

Tabla 1.2: Siete pasos del mantenimiento autónomo.

#	PASOS	HERRAMIENTA DE 5S APLICADA	DEFINICIÓN
1	Limpieza inicial	SEISO (LIMPIAR)	Limpieza del área de trabajo realizada por cada operario.
2	Eliminación de fuentes de contaminación	SEISO (LIMPIAR)	El operario debe proponer medidas para combatir la causa de la generación del desorden, suciedad, desajustes, etc.
3	Estándares de limpieza y lubricación	SEISO (LIMPIAR) Y SEIKETSU (ESTANDARIZAR)	Estandarizar los dos primeros pasos, hacer que el operario determine por si mismo lo que tiene que hacer.
4	Inspección general	SEIKETSU (ESTANDARIZAR)	Revisión de fallas con una inspección general del equipo. Los operarios más experimentados deben enseñar a los de menos experiencia.
5	Inspección autónoma	SEIKETSU (ESTANDARIZAR)	Comparar y evaluar cada uno de los pasos anteriores, se realiza un manual de inspección autónoma.
6	Organización y ordenamiento	SEIRI (CLASIFICAR) Y SEITON (ORDENAR)	Es clasificar, seleccionar y ordenar el área de trabajo por parte de los operarios. Los líderes y directores hacen una evaluación a los operarios y se realizan últimos ajustes.
7	Implementación total	SEIKETSU (CLASIFICAR) Y SHITSUKE (DISCIPLINA)	Organizar la información para describir las condiciones óptimas y mantenerlas.

Fuente: <http://mx.geocities.com/simatpm/mautonomo.html>

1.7.3. Mantenimiento Programado o Keikaku Hozen

También conocido como mantenimiento especializado o progresivo, se pretende lograr mejoras en la eficacia de los equipos a partir de acciones preventivas y predictivas de mantenimiento. Se debe lograr efectuar un programa de mantenimiento, el cual se construye a base de información de los equipos proveniente de los fabricantes, datos de operación, bases de información y a través de estudios de ingeniería en mantenimiento.

En las primeras etapas de implementación, el mantenimiento programado puede resultar dificultoso producto de la falta de información de operación de los equipos, por lo cual, en sus etapas iniciales esta clase de mantenimiento debe enfocarse en el apoyo al mantenimiento autónomo.

El JIPM ha establecido seis pasos claves para lograr una exitosa implementación del mantenimiento programado:

Tabla 1.3: Seis pasos para la implementación del mantenimiento programado.

#	Paso	Descripción
1	Identificar el punto de partida del estado de los equipos	Este paso busca establecer los parámetros iniciales de operación de los equipos con el fin de poder establecer los parámetros de comparación futuros y detectar los problemas del equipo.
2	Eliminar deterioro y mejorar el equipo	Se busca eliminar los problemas de los equipos a partir de mejoras enfocadas y procesos de mejoramiento continuo.
3	Mejorar el sistema de información	En esta etapa se busca mejorar el sistema de información del equipo con el fin de poder identificar las fallas y averías para así poder eliminarlas.
4	Mejorar el sistema de mantenimiento periódico	Se busca poder establecer los estándares de mantenimiento, con lo cual se pueda diseñar un proceso de preparación al mantenimiento periódico. Se deben determinar los involucrados en el proceso, flujos de trabajo e identificación de equipos y elementos.
5	Desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo	Se busca la introducción de tecnologías que permitan conocer el comportamiento de los equipos y establecer un mantenimiento predictivo. Esto incluye la capacitación de los operarios para lograr un mayor entendimiento de las tecnologías implementadas y una mayor comprensión de los elementos necesarios para desarrollar el mantenimiento predictivo.
6	Desarrollo superior del sistema de mantenimiento	Una vez finalizado los cinco pasos anteriores, se busca desarrollar procesos kaizen en los sistemas de mantenimiento programado. Estas mejoras deben enfocarse en los elementos técnicos de los equipos, humanos y organizacionales. Finalizando estos pasos se debe llevar a cabo una evaluación de los indicadores para conocer finalmente los beneficios económicos y tecnológicos.

1.7.4. Mantenimiento De Calidad o Hinshitsu Hozen

Este pilar pretende aumentar la calidad de los procesos productivos involucrados en la planta con el fin de alcanzar el objetivo de cero defectos a través de la participación de todo el personal en la planta.

Para lograr este pilar, se debe reducir la variabilidad de los procesos a través del control de las condiciones de trabajo de los operadores y de los equipos. El control de las condiciones resulta un elemento fundamental en aumentar la eficiencia de los equipos, producto de que un sistema no controlado puede presentar averías que no necesariamente provocan la detención del equipo, pero que si pueden afectar la calidad final del producto lo cual se refleja finalmente en pérdidas productivas.

Es importante entender que el mantenimiento de calidad es un concepto distinto al control de calidad, los cuales son usualmente confundidos por las empresas. Esto no implica que sean mutuamente excluyentes, sino por lo contrario, estos suelen aplicarse de forma paralela en los procesos productivos. Para comprender de mejor manera la diferencia, a continuación, se presenta una tabla donde se diferencian ambos conceptos:

Tabla 1.4: Mantenimiento de calidad.

¿QUE ES Y QUE NO ES MANTENIMIENTO DE CALIDAD	
ES MANTENIMIENTO DE CALIDAD	NO ES MANTENIMIENTO DE CALIDAD
Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.	Aplicar técnicas de control de calidad a las tareas de mantenimiento.
Prevenir defectos de calidad, certificando que la maquinaria cumple las condiciones para cero defectos que éstas se encuentran dentro de los estándares técnicos.	Aplicar un sistema ISO a la función de mantenimiento.
Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones, adelantándose a la situación de anomalía potencial.	Utilizar técnicas de control estadístico de calidad al mantenimiento.
Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final; realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.	Aplicar acciones de mejora continua a la función de mantenimiento.

Fuente: : <http://www.ceroaverias.com/centroTPM/mantenimientocalidad.html>

Para lograr implementar exitosamente un sistema de mantenimiento de calidad, el JIPM estableció diez pasos a seguir:

Tabla 1.5: Implementación de mantenimiento de calidad

#	Paso	Descripción
1	Identificar el estado actual y confirmar la situación actual	Se realiza un levantamiento de información de los procesos actuales a través de herramientas de estándares de calidad, tales como: diagrama de proceso calidad, carta y mapas de capacidad de proceso, diagramas de dispersión y diagramas X-R. De igual forma se debe levantar información de los defectos en el proceso, utilizando herramientas como: diagrama de Pareto, hojas de estándares de trabajo y estadísticas de defectos.
2	Análisis de las condiciones 4M	En este paso se busca realizar una tabla que relacione los procesos de los materiales, máquinas, métodos y mano de obra.
3	Preparar lista de defectos	Se debe realizar una tabla en la cual se descompongan todos los defectos y pérdidas del proceso y su causa.
4	Priorizar el efecto de los problemas	Se busca realizar una valoración de los problemas presentados en el paso anterior, con el fin de detectar los defectos más críticos.
5	Diagnóstico de los problemas	Se realiza un análisis de los problemas, utilizando herramientas como Por qué Por qué y el método PM.
6	Evaluar el efecto de las acciones implantadas	En este paso se requiere realizar una nueva evaluación de los procesos para observar los resultados de las acciones propuestas.
7	Implantar las mejoras	Tal como lo indica su nombre, en este paso se deben implementar las mejoras necesarias establecidas previamente y se evalúa el efecto de estas mejoras sobre el producto final.
8	Revisión de las nuevas condiciones 4M	Se debe actualizar la tabla de análisis de las 4M desarrollada en el paso dos, con el fin de determinar si las nuevas condiciones son adecuadas.
9	Consolidar y establecer puntos de inspección	Se deben establecer y diferenciar los estándares de inspección especializada y autónoma para lograr mantener las condiciones productivas sin generar defectos de calidad.
10	Crear una matriz de mantenimiento de calidad	El último paso de este proceso requiere la creación de una matriz de mantenimiento en la cual se identifican las características para la realización del mantenimiento.

1.7.5. Prevención Del Mantenimiento

Este pilar del TPM se enfoca principalmente en aquellas empresas que diseñan y fabrican sus propios equipos, sin embargo, también es aplicable para la preparación y puesta a punto de los equipos en las otras empresas.

El objetivo de este pilar es realizar actividades sobre los equipos que permitan identificar problemas de funcionamiento y con lo cual se puedan realizar actividades de mejora en la etapa de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos. Es importante poder utilizar la experiencia de equipos similares para prevenir problemas comunes encontrados anteriormente. Para esto las empresas que adquieran nuevos equipos pueden hacer uso del historial de comportamiento de la máquina o de equipos del mismo tipo para lograr reducir las averías.

Como se ha mencionado anteriormente, la base para el funcionamiento de este pilar es contar con una gran base de información acerca de fallas y averías de los equipos. A su vez, puede resultar de gran importancia la información y el conocimiento que pueda proveer los operadores, los cuales tienen una mayor experiencia en la detección de fallas y defectos en los equipos.

1.7.6. Mantenimiento De Áreas Soporte

También conocido como mantenimiento de áreas administrativas, este pilar tiene como objetivo eliminar las pérdidas presentes en áreas de soporte de la producción. Estas áreas pueden no encontrarse solamente en la planta productiva, sino que las áreas de soporte representan a todas aquellas que aportan a la cadena de valor primaria. Estos pueden ser almacenes, sistemas de transporte, áreas de ensamblaje, oficinas, entre otras.

Recordando que el TPM no es un sistema que solo afecta los sistemas productivos y de mantenimiento, sino que es una estrategia global que debe adoptar una organización, implica que este pilar cumple un rol fundamental en poder generar una correcta implementación del TPM. Para lograr esto, el JIPM recomienda la utilización de los mismos pasos para la implementación del mantenimiento autónomo, pero con un enfoque a las áreas administrativas. Es importante recordar que los pilares del TPM no son una estructura secuencial de implementación, sino que estos deben ser todos implementados de manera conjunta y desarrollados paralelamente para alcanzar una mayor eficiencia y eficacia en la incorporación del TPM.

1.7.7. Polivalencia Y Desarrollo De Actividades

También conocido como el pilar de formación o entrenamiento, tiene como enfoque fortalecer las habilidades y capacidades del personal con el fin de permitir la adquisición de una mayor comprensión de los procesos y fortalecimiento de las habilidades.

Para lograr una exitosa implementación del TPM, se deben eliminar las pérdidas en el proceso productivo producido por deficiencias en las habilidades o conocimiento del personal, ya sea en términos de mantenimiento, conocimiento del proceso o comunicación.

El JIPM ha generado una lista de seis pasos para lograr la exitosa implementación del TPM:

Tabla 1.6: Pasos para el pilar de polivalencia y desarrollo de actividades

#	Paso	Descripción
1	Establecer el punto de partida	Se debe evaluar el estado inicial de entrenamiento y educación de los operadores.
2	Establecer un sistema de entrenamiento	Se debe establecer un sistema de desarrollo de habilidades y conocimientos productos y de mantenimiento.
3	Desarrollo de programa de entrenamiento	Se pone en marcha el programa de entrenamiento determinado en el paso anterior.
4	Nuevo desarrollo de habilidades	Se debe generar un programa para el desarrollo de nuevas habilidades y capacidades que se requerirán a largo plazo para el desarrollo técnico de las nuevas tecnologías.
5	Consolidar ambiente de trabajo	Desarrollar un ambiente de trabajo agradable y motivante para los trabajadores, en el cual se desarrollen nuevos sistemas de evaluación y desarrollo de metas individuales.
6	Evaluación final	Generar una evaluación final de los conocimientos y habilidades adquiridas por los trabajadores. Además se debe generar nuevos objetivos de conocimientos para desarrollar a futuro.

1.7.8. Seguridad Y Entorno

Este pilar tiene como objetivo alcanzar la meta de cero accidentes.^{en} el proceso productivo. Se debe lograr desarrollar un ambiente de trabajo en el cual se eliminen los riesgos de accidentes y se elimine también los elementos contaminantes que pudiesen afectar la salud de los trabajadores. Esto permite generar un ambiente de trabajo amigable y seguro para el personal, el cual sirve como elemento motivante para los trabajadores.

El JIPM establece una lista de pasos y actividades para la correcta implementación de este pilar:

Tabla 1.7: Pasos para implementar pilar de seguridad

#	Paso	Descripción
1	Seguridad en la limpieza inicial en mantenimiento autónomo	Se emplean mapas de seguridad, análisis de riesgos potenciales, conocimiento básico del equipo e identificar las fuentes de contaminación.
2	Mejora de equipos para evitar fugas que producen trabajos inseguros	Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso que producen riesgos potenciales de accidentes.
3	Estandarizar las rutinas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> ■ Emplear rutinas para las tres primeras "S"(Clasificar, Ordenar y Limpiar). ■ Realizar verificaciones de seguridad. ■ Emplear controles visuales. ■ Limitar riesgos mediante revisiones de seguridad. ■ Realizar campañas de sensibilización.
4	Desarrollo de personas competentes para la inspección general de equipos sobre seguridad.	Desarrollar conocimientos profundos sobre el funcionamiento del equipo y causas potenciales de riesgo mediante ejemplos reales.
5	Inspección general del proceso y el entorno	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mejorar la supervisión de las condiciones del proceso y el entorno. ■ Establecer medidas para evitar deficiencias de la operación. ■ Establecer medidas de seguridad de "trafico.^{en} planta.
6	Sistematizar el mantenimiento autónomo de seguridad.	Revisar estándares y realizar acciones de mejora continua.

Fuente: <http://www.ceroaverias.com/centroTPM/PILAR %20SEGURIDAD %20para %20web.pdf>

1.8. Los Beneficios En La Aplicación Del TPM

El TPM se ha convertido en una metodología altamente cotizada por las grandes empresas a lo largo de los últimos años. Cuando se habla de los beneficios que, entregados por un nuevo modelo, estrategia o metodología, se suelen considerar los aspectos económicos de la implementación. A pesar de que los aspectos económicos son altamente considerados en la implementación del TPM, no se deben olvidar todos los beneficios que este puede proporcionar en términos de calidad, productividad, entregas y satisfacción de los trabajadores.

1.8.1. Calidad Mejorada

La aplicación exitosa del TPM permite obtener un incremento de eficacia en los equipos. Esto a su vez se refleja en un incremento en el rendimiento productivo al lograr obtener una menor cantidad de fallas y averías en los equipos. Como se ha mencionado anteriormente, las averías en los equipos no necesariamente implican detenciones, sino que pueden generar condiciones de trabajo no optimas en los equipos, las cuales pueden resultar en la fabricación de piezas defectuosas.

El incremento en el rendimiento productivo y la disminución en los fallos y averías permiten disminuir la cantidad de productos defectuosos que producen los equipos. Esto se traduce en una disminución en el uso de materiales y herramientas, además de un incremento en la cantidad de productos producidos por jornada laboral y un incremento en la satisfacción del cliente final con el producto.

1.8.2. Productividad Mejorada

Como ya se ha comentado, la implementación del TPM permite aumentar la productividad de los equipos considerando la cantidad de productos con calidad aceptable que emergen de la línea productiva. Adicionalmente, el TPM permite eliminar las detenciones no programadas de los equipos y los tiempos muertos. Esto resulta en una disminución importante de los tiempos muertos, lo cual a su vez se traduce en un incremento productivo promedio por hora de trabajo.

El aumento en la productividad de los equipos tiene grandes consecuencias para las empresas. Al eliminar las detenciones por averías no programadas, se logra disminuir los costos de mantenimiento de los equipos. Además, la disminución de piezas defectuosas producidas permite una mayor eficacia con el uso de materiales, con lo cual se puede contar con un inventario reducido.

1.8.3. Mejora En Entregas

El aumento de la productividad en los equipos permite disminuir el tiempo promedio de producción y aumentar la cantidad de productos terminados con calidad aceptable por hora. Además, la implementación del TPM puede conllevar a la necesidad de adquirir nuevos equipos con nuevas tecnologías que permitan aumentar la cantidad de productos finales producidos. Todos estos factores se traducen en una reducción en el tiempo de producción, lo cual a su vez implica una disminución en los tiempos de entrega del producto final al cliente.

1.8.4. Incremento En La Satisfacción De Los Trabajadores

El factor humano es posiblemente el más influyente en el momento de implementar el TPM. Estos pueden ejercer resistencia al cambio o facilitar una exitosa transición, sin embargo, son los propios trabajadores que se pueden ver altamente beneficiados con la aplicación del TPM.

La implementación del TPM busca lograr aumentar la moral y motivación de los trabajadores a través de la implementación de ambientes más favorables de trabajo. Se busca fortalecer el trabajo de equipo y eliminar las barreras entre las áreas de trabajo. Por otra parte, los operadores adquieren un rol más participativo dentro de la empresa en donde, no solo se les entrega un mayor control de sus equipos y de su mantención primaria, sino que son encargados de generar ideas e implementar procesos incrementar la producción y disminuir las averías de sus equipos.

Se incentiva al crecimiento personal de los trabajadores, ayudando a desarrollar nuevas competencias técnicas de producción y mantenimiento, además de crear un ambiente grato en donde se incentiva el trabajo de equipo, la responsabilidad, la disciplina, el respeto, la colaboración y la creatividad.

1.8.5. Beneficios Económicos

Tal como se puede apreciar, los beneficios mencionados anteriormente también apuntan a que el TPM es un sistema que disminuye los costos y que han entregado resultados positivos en las organizaciones que han logrado implementarlo exitosamente.

A partir de las experiencias presentadas por grandes empresas que han logrado la implementación del TPM, tales como Tetrapak y Texas Instruments, se ha estimado que los costos totales de mantenimiento previo a la implementación del TPM se encuentran entre 10 % y 40 %. En estas empresas, la correcta implementación del TPM ha permitido reducir los costos de mantenimiento en un 60 %, mientras que la productividad se incrementa desde un 20 % hasta un 36 % a través de la eliminación de cerca del 70 % de las pérdidas crónicas en los primeros dos años de implementación.

El TPM requiere el uso de nuevas tecnologías, de la capacitación de los trabajadores y de la contratación de personal experimentado en la implementación del TPM. Para lograr esto, se estima que los costos de inversión el primer año de la implementación del TPM son del 10 % al 20 % en términos de capacitación y de aproximadamente un 15 % en costos de mantenimiento en los primeros dos años. Para minimizar los costos de inversión y permitir corregir los problemas en la implementación, se suelen seleccionar equipos pilotos sobre los cuales se realizará la implementación inicial y las pruebas de mantenimiento. Esto permite evitar que los errores se apliquen a lo largo de la planta productiva, disminuyendo los costos de inversión y permitiendo determinar con mayor claridad el aumento de la productividad esperado durante el proceso.

Existen dos maneras de analizar los beneficios económicos que conlleva la implementación del TPM: aumento de producción, disminución de costos. El aumento de la producción permite generar una mayor cantidad de productos no defectuosos con la misma cantidad de materia prima, lo cual disminuye el costo promedio de producción y aumenta la oferta que se le puede entregar al cliente. Por otra parte, la disminución de los costos de mantenimiento puede resultar en una ganancia significativa para la empresa, en donde se han observado disminuciones en los costos de mantenimiento desde un 40 % del valor de la producción, hasta un 12 % del valor de la producción una vez implementado el TPM.

1.9. Etapas De Implementación

El TPM es una metodología organizacional, la cual requiere del compromiso de todos los personajes involucrados con la empresa. A pesar de que en el nombre se indica que esta es una técnica de "mantenimiento", el TPM requiere del compromiso total desde los operadores hasta los altos cargos administrativos. Es importante que todas las partes involucradas entiendan los objetivos de la empresa, la misión y visión del futuro de la empresa.

A partir del compromiso de la empresa, se debe iniciar la implementación del TPM. Para lograr una exitosa implementación del TPM, se han desarrollado una serie de pasos divididos en tres secciones: Etapa Inicial, Etapa de Implantación y Etapa de Consolidación.



Figura 1.10: Las 12 etapas de implementación del TPM.

Fuente: Estudio de casos de implementación exitosa de tpm en industrias ubicadas en el eje cafetero y norte del cauca - Montoya, Diana Lorena Cardona.

1.9.1. Paso 1: Declaración de la alta gerencia

La presentación del TPM a los trabajadores debe ser realizada por parte de la alta dirección de la empresa. La decisión de implementar el TPM debe ser transmitida con gran entusiasmo para motivar y generar grandes expectativas en los trabajadores.

El compromiso de la alta directiva debe hacerse presente en la presentación del programa TPM, con el fin de demostrar un verdadero compromiso con esta nueva metodología y generar un ambiente favorable para lograr cambios efectivos. Esta información se debe presentar personalmente a los empleados y no a través de un simple comunicado. Esta presentación debe llevarse a cabo por el presidente de la organización, expresando optimismo y generando un espacio para resolver dudas y asegurar la comprensión de los colaboradores.

Es importante que los altos cargos se muestren optimistas y elogien a los trabajadores por sus esfuerzos. A su vez, se debe asegurar de no presentar conclusiones apresuradas de lo que se espera alcanzar con el proceso, responder con completa franqueza y de forma abierta cualquier pregunta existente y motivar a buscar soluciones a los problemas de manera grupal.

1.9.2. Paso 2: Campaña De Educación Y Difusión Del TPM

Este paso es fundamental para lograr involucrar a todos los trabajadores, en especial aquellos de las áreas operativas de la empresa. El objetivo de esta etapa es aumentar la motivación de los trabajadores a través de una explicación clara acerca del TPM, con lo cual se busca eliminar las posibles resistencias al cambio.

Se debe realizar explicaciones detalladas a las áreas de mantenimiento y operaria. Los operadores suelen creer que el TPM aumentara la carga laboral, mientras que el área de mantenimiento se mantendrá inciertos sobre la capacidad de los operarios de realizar mantenimiento autónomo. Las explicaciones del TPM deben asegurarse de eliminar estos paradigmas y presentar un plan para educar y reforzar las competencias técnicas necesarias para el nuevo programa de trabajo y mantenimiento.

1.9.3. Paso 3: Definición De Estructura Organizacional Del TPM

En esta etapa de implementación, se debe establecer un comité para realizar las tareas de coordinación de la implantación del TPM. Este comité se debe basar en una matriz organizacional plana, en donde los integrantes del comité deben ser (preferencialmente) jefes de departamento, los cuales pueden tomar la función de liderar y supervisar los grupos de trabajadores.

El éxito de la implantación del TPM depende altamente de la correcta selección de los miembros del comité. Estos deberán ser elegidos en función no solamente del cargo que emplean, sino que de su responsabilidad y capacidad de liderar.

1.9.4. Paso 4: Establecimiento De Políticas Y Metas

La empresa debe establecer objetivos de implementación del TPM a mediano y largo plazo. El proceso de implantación del TPM puede durar entre seis meses a tres años aproximadamente, por lo cual se requiere formular de manera clara y diferenciada los objetivos de mediano y largo plazo, realizando clara distinción entre ellos. A su vez, se deben presentar metas claras a cumplir por cada uno de los departamentos para lograr el perfeccionamiento del recurso humano y de los equipos e instalaciones de la empresa. Es importante que estas metas sean razonables y acordes con la situación actual de la empresa.

1.9.5. Paso 5: Elaboración Del Plan Maestro

Se debe establecer un plan piloto que abarque el proceso de preparación e implementación del TPM. Se deben registrar los parámetros actuales, los cuales servirán como referencia de comparación durante el desarrollo de la implementación y permitirán realizar los cambios necesarios a los esquemas.

El objetivo del TPM es mejorar la eficacia de los equipos y del recurso humano, por lo que el alcanzar los objetivos puede requerir un largo tiempo. Para asegurar el alcance de los objetivos, el plan maestro debe incorporar las siguientes actividades:

- Establecer un sistema de mantenimiento autónomo.
- Realizar mejoras de efectividad de los equipos.
- Generar un programa de mantenimiento planificado.
- Desarrollar un plan de capacitación y entrenamiento del personal.
- Crear procesos para asegurar la calidad del producto final.

1.9.6. Paso 6: Lanzamiento Del Programa TPM

Para dar inicio a esta etapa, debe asegurarse de haber completado el programa de educación introductoria al TPM y haber resuelto todas las dudas existentes en el personal.

Una vez concluido el programa de educación, se realizan actividades de introducción al TPM. A partir de este momento, los trabajadores deben comenzar a realizar actividades relacionadas al Mantenimiento Productivo Total. Las nuevas tareas diarias deben ser cuidadosamente supervisadas para evitar errores y asegurar el compromiso de los empleados con el nuevo programa de desarrollo TPM.

1.9.7. Paso 7: Establecer Pilares Básicos

Este pilar busca determinar las necesidades de mejora de los equipos. Para lograr esto, se deben realizar grupos de trabajos en donde participen los actores involucrados en la producción, jefes de proyectos, personal de mantenimiento e ingenieros.

El grupo de trabajo se debe encargar de determinar los cuellos de botella en los equipos que puedan desarrollar pérdidas crónicas. Se busca lograr eficacia perfecta de los equipos a través de trabajos de mejoramiento continuo.

1.9.8. Paso 8: Establecer El Programa De Mantenimiento Autónomo

También conocido como "Jishu-Hozen", el programa de mantenimiento autónomo es un método que permite a los operadores realizar labores de mantenimiento básico sobre su propio equipo.

Tal como se explicó en el punto 2.4.2. El mantenimiento autónomo entrega una gran responsabilidad de la producción a los operadores, permitiéndoles actuar con mayor autonomía y desarrollar competencias para detectar problemas en los equipos y realizar mantenimientos básicos para evitar fallos y averías.

1.9.9. Paso 9: Aseguramiento De La Calidad

El aseguramiento de calidad requiere ir más allá de lo presentado en los pasos anteriores. En esta etapa se busca comenzar a rediseñar los productos y los equipos de tal forma que los procesos de fabricación sean más sencillos y los equipos sean de fácil operación y mantenimiento.

Es importante recordar que el TPM es una metodología que busca alcanzar la mayor eficiencia productiva a través del uso de nuevas tecnologías. Producto de esto, en esta etapa se puede requerir la adquisición o diseño de nuevos equipos que permitan facilitar los trabajos de producción y mantenimiento, además de incorporar mejoras de diseños que eliminen los problemas crónicos presentados en equipos de mayor antigüedad. Se debe normalizar el uso de estos nuevos procesos de fabricación y mantenimiento, al igual que el uso de las herramientas y equipos necesarios para alcanzar un aseguramiento de calidad exitoso.

1.9.10. Paso 10: Excelencia Administrativa

El área administrativa es también un área fundamental en el proceso productivo de toda empresa. Esta área se encarga de determinar los productos a producir y de las estrategias de producción.

Esta etapa busca incrementar el apoyo administrativo en la producción e incrementar la eficiencia en las oficinas, equipos y operadores.

Se busca desarrollar programas administrativos relacionados a la producción tales como el JIT (Just In Time), la cual permite eliminar todos los desperdicios de los procesos de la cadena de valor del producto, desde la etapa de compra hasta la distribución.

En esta etapa se analizan criterios para disminuir pérdidas de tiempo en términos de esperas de productos, herramientas, materiales, transporte, entre otros.

1.9.11. Paso 11: Seguridad Y Medio Ambiente

Uno de los objetivos fundamentales de TPM es alcanzar producción con "Cero Accidentes". Para lograr esto se deben desarrollar análisis y desarrollo de procesos de seguridad y prevención de riesgo. Delimitar las zonas de trabajo, asegurar que los equipos sean seguros y que los trabajadores cuenten con el equipo de seguridad correspondiente son parte de las tareas que se deben abarcar en este paso.

Junto con obtener una mejor seguridad en el área de trabajo, en este paso se debe encargarse de mejorar el ambiente laboral, permitiendo entregar comodidades a los trabajadores y aumentando la moral, la motivación y el compromiso de los empleados con la empresa.

1.9.12. Paso 12: Implementación Del TPM

El paso 12 de la implementación del TPM es más que solamente otro paso con tareas y actividades a desarrollar. Representa el alcance "final" de la implementación exitosa del TPM, sin embargo, no implica que los trabajos hayan finalizado.

La etapa de implementación del TPM consiste en perfeccionar los procesos a través de trabajos de mejoramiento continuo. Se deben evaluar los objetivos propuestos inicialmente y determinar nuevos objetivos a futuro. A partir de esto, se deben realizar trabajos de perfeccionamiento buscando alcanzar mejores resultados en función de la situación actual de la empresa.

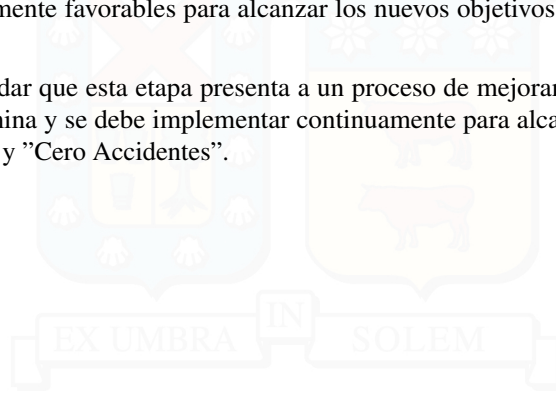
En esta etapa se puede evaluar la evolución de los procesos productivos y la evolución de los trabajos realizados por los distintos empleados. A partir de este punto, los trabajadores deben aportar con ideas de mejora y sentirse suficientemente motivados para aplicar dichas mejoras. La participación de los operadores se

vuelve fundamental en seguir mejorando los procesos y es por esto que se deben abrir espacio de participación abierta y evaluación grupal de ideas.

El trabajo de equipo se debe mostrar fluido y sin barreras entre los empleados de distintas áreas de trabajo. Se debe reforzar la motivación de los empleados y generar incentivos de mejoras tanto grupales como individuales de cada trabajador.

Adquirir nuevos conocimientos y explorar la posibilidad de implementar nuevos procesos productivos puede resultar sumamente favorables para alcanzar los nuevos objetivos propuestos por la organización.

Es importante recordar que esta etapa presenta a un proceso de mejoramiento continuo, por lo que esta etapa final nunca termina y se debe implementar continuamente para alcanzar los objetivos de "Cero Defectos", "Cero Averías" y "Cero Accidentes".



2 | Elementos Para La Evaluación De Competencias

Para lograr comprender las grandes pérdidas que afectan la eficiencia de la producción, primero se deben presentar indicadores que nos permitan cuantificar la producción y medir la eficiencia y efectividad productiva.

2.1. Indicadores Productivos

Tal como se mencionó anteriormente, los indicadores productivos permiten medir la eficiencia productiva de una empresa. Existen diversas formas de evaluar la efectividad productiva:

2.1.1. Disponibilidad

La disponibilidad o tasa de operación de un equipo, es la proporción del tiempo en que un equipo funciona realmente.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{UT}{UT+DT}$$

En donde UT(Up-Time) representa el tiempo en que el sistema está realmente disponible para el funcionamiento, y DT(Down-Time) representa el tiempo fuera de servicio imputable a causas técnicas.

Esta definición para la disponibilidad de los equipos considera las detenciones programadas como parte del tiempo realmente disponible del equipo. Entonces se puede entender que este indicador representa el porcentaje de tiempo que un equipo no presenta un problema o avería no programada. A su vez, este indicador no considera la cantidad de detenciones, sino que solamente el tiempo en que el equipo se encuentra detenido, por lo cual la disponibilidad se puede presentar como:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$$

En donde MTBF (Mean Time Between Failures) es la esperanza en tiempo entre averías o detenciones no programadas, y MTTR (Mean Time To Repair) es la esperanza de tiempo de mantenimiento del equipo.

Es importante tener en consideración que no es posible describir de forma determinista el tiempo que un componente o sistema funcionara sin fallar.

2.1.2. Tasa De Rendimiento

La tasa de rendimiento se define como la cantidad de producción real en función de la cantidad de producción ideal mientras que el equipo se encuentre disponible, es decir:

$$\text{Tasa de Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de ciclo ideal} \times \text{Output}}{UT}$$

Donde el tiempo de ciclo ideal es el tiempo mínimo de un ciclo en el que se espera que el proceso productivo ocurra de manera óptima, y el Output es la cantidad total de elementos producidos en un periodo determinado.

En otras palabras, la tasa de rendimiento nos indica la cantidad que se produce en función de la cantidad que se debería haber producido en un intervalo de tiempo.

2.1.3. Tasa De Calidad

La tasa de calidad es un índice que nos indica la cantidad de productos con calidad aceptable en función del total de elementos producidos.

$$\text{Tasa de Calidad} = \frac{\text{Cantidad de productos aceptables}}{\text{Cantidad total producida}}$$

Este indicador nos permite evaluar la efectividad productiva tanto de un equipo como del proceso general de la empresa.

2.1.4. OEE

El indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos) mide la eficiencia productiva de los equipos relacionados a la producción, incorporando los factores de disponibilidad, rendimiento y calidad.

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Tasa de Rendimiento} \times \text{Tasa de Calidad}$$

Este indicador permite determinar la eficiencia real de los equipos gracias a la incorporación de los distintos factores que afectan la eficiencia y eficacia de los equipos. Producto de esto, el OEE se convierte en una herramienta fundamental para las organizaciones para así orientar las acciones que se deben tomar para la aplicación del TPM.

2.2. Las Seis Grandes Pérdidas del TPM

La implementación del TPM en una organización tiene como objetivo lograr un aumento en la eficiencia de los equipos y mantener a estos en óptimas condiciones para minimizar los tiempos muertos. Para alcanzar estos objetivos, las organizaciones deben lograr aproximarse lo más posible a cero defectos y cero averías, lo cual se consigue eliminando las seis grandes pérdidas.

2.2.1. Pérdidas Por Averías

Las pérdidas por averías corresponden al grupo más amplio de pérdida, las cuales se pueden clasificar en dos tipos: averías de pérdida de función y averías de reducción de función.

- **Averías de pérdida de función**

Este tipo de avería suele presentarse espontáneamente y son fáciles de detectar y corregir. Estas averías generan la completa detención de los equipos

- **Averías de reducción de función**

Este tipo de averías no generan la detención de los equipos, sin embargo, produce que el equipo funciones a eficacia inferior. A diferencia de las averías de pérdida de función, estas no son fácilmente detectables y pueden llegar a implicar repetición de trabajos, velocidad reducida, inactividad del equipo, paradas pequeñas y pueden a su vez resultar ser la causa de averías críticas.



Figura 2.1: Las 6 grandes pérdidas y la efectividad del equipo.

Fuente: MRP II Aplicado al mantenimiento productivo total - Tiburcio Rodriguez Violeta Veronika.

En general, las averías pueden causar todo tipo de defectos en un equipo, sin embargo, en gran parte de las veces, estas no son detectadas hasta que ocurre un gran defecto producto que estos son más llamativos y provocan la necesidad de realizar una revisión profunda en los equipos.

Es necesario prestar atención a todas las averías, independiente del tamaño y gravedad de esta. Es por eso que no se debe ignorar ningún detalle menor, los cuales usualmente son ignorados.

Para alcanzar el objetivo de cero averías del TPM, se deben llevar a cabo las siguientes acciones.

Impedir El Deterioro Acelerado

El deterioro acelerado de los equipos es producido por la mala utilización y mantenimiento de los equipos. Esta puede ser causada por un sobrecalentamiento del equipo o por no realizar la reposición periódica de aceite.

Este tipo de deterioro puede ser también causado por averías menores no detectadas o no tratadas, las cuales pueden generar el desgaste prematuro de piezas o componentes de la maquinaria.

Por lo tanto, para alcanzar la meta de cero averías el primer paso a realizar es tomar acciones que permitan eliminar el deterioro acelerado.

Mantenimiento De Condiciones Básicas Del Equipo

Para evitar las averías de los equipos, existen actividades de mantenimiento básicas que se deben realizar periódicamente como limpieza, orden, lubricación, inspección y ajuste.

Es importante entender el motivo por el cual no se suelen realizar periódicamente las actividades básicas de mantenimiento. En gran parte de las ocasiones, los trabajadores no suelen saber cómo realizar estas actividades o no tienen tiempo suficiente pues están a cargo de demasiados equipos. Por lo tanto, una de las tareas principales para lograr cumplir con esta tarea de mantenimiento básico es enseñar y capacitar a los trabajadores no solo para lograr hacer la mantención, sino que también para que logren comprender la importancia de mantener el equipo en estado óptimo. Para solucionar los problemas de altos tiempos consumidos por realizar la tarea de mantener el equipo, la única solución es mejorar los equipos para facilitar su mantenimiento.

Adherirse A Las Condiciones Correctas De Operación

En muchas ocasiones, las averías son el resultado de forzar al equipo a trabajar a condiciones fuera de su rango normal de operación. Esto puede ocurrir por ejemplo en talleres donde se trabaje con tornos y fresas a altas velocidades por tiempos mayores a los recomendados, sobrecalentamiento de fluidos hidráulicos y utilización de equipos a voltajes no especificados.

Mejorar La Calidad Del Mantenimiento

Muchas veces ocurren averías producto de un mantenimiento defectuoso. Utilizar las técnicas correctas de mantenimiento como el correcto reemplazo de piezas o el ajuste ideal de torque en pernos puede evitar las fallas prematuras de componentes. Es por esto que se convierte en una importante tarea capacitar y aumentar el conocimiento técnico de los mantenedores y de esta forma mejorar la calidad del trabajo de mantenimiento.

Hacer Que El Trabajo De Reparación Sea Algo Más Que Una Medida Transitoria

Usualmente, los trabajos de mantenimiento que se realiza en los equipos tienen como objetivo lograr poner en marcha nuevamente al equipo. Esto implica que no existe una búsqueda por entender el motivo de la falla, ni una búsqueda de la causa raíz del problema en el equipo. Esto da lugar a que el problema se manifieste de manera reiterada, causando constantemente detenciones del equipo y disminuyendo la disponibilidad de este.

Corregir Debilidades De Diseño

Las averías suelen ser asociadas con desgaste o con problemas en la utilización de los equipos, sin embargo, es importante considerar que las averías pueden ser producto de defectos de diseño de los equipos.

Las averías crónicas son producidas por una falta de investigación de causa raíz en los equipos. Estas investigaciones pueden llegar a concluir que el fallo no puede ser solucionado fácilmente pues pueden existir errores de diseño. Identificar estos problemas se convierte en una tarea fundamental, con lo cual se pueden realizar mejoras sobre el equipo para eliminar estas fallas crónicas y disminuir la cantidad de detenciones no planificadas.

Aprender Lo Máximo Posible De Cada Avería

Es posible aprender múltiples cosas acerca de las averías. Asegurarse de estudiar las causas y aprender los métodos exactos utilizados para realizar controles y reparaciones puede permitir impedir que la avería se vuelva a manifestar tanto en el equipo específico como en los sistemas parecidos.

Es importante que la información acerca de las averías se utilice como referencia para el desarrollo de planes de mantenimiento futuro. Usualmente, los informes de averías y reparaciones se mantienen archivados y muchas veces son olvidados. Aprender a utilizar toda la información disponible puede permitir mejorar el trabajo de mantenimiento y preparar a los operarios para detectar y prevenir las averías.

2.2.2. Pérdidas De Preparación y Ajuste

Las pérdidas de preparación y ajuste corresponden a aquellas paradas que ocurren durante el proceso en los momentos de realizar cambios de útiles, herramientas y elementos que puedan afectar la calidad final del producto.

Estas pérdidas comienzan en el instante en que la fabricación de un producto a concluido, y se da por finalizada cuando el siguiente producto fabricado alcanza la calidad estándar del proceso. Los ajustes de los equipos presentan una de las mayores pérdidas de tiempo, sin embargo, estos pueden llegar a ser necesarios de realizar por deficiencias mecánicas.

Se debe tener en consideración al momento de buscar reducir al mínimo estas pérdidas, que existen ajustes evitables (los cuales se pueden mejorar) y ajustes inevitables (que no se pueden mejorar) del proceso. Es por esto que es considerado de suma importancia identificar y separar estos tipos de ajustes para lograr realizar cambios que logren una disminución de estas pérdidas.

2.2.3. Inactividad y Pérdidas De Paradas Menores

Las pérdidas por paradas menores e inactividad corresponden a paradas pequeñas que ocurren como resultado de problemas transitorios en los equipos. Estos problemas pueden ser, por ejemplo, la detención de un sensor o una pieza atascada. Estas paradas suelen ser de tiempo reducido en comparación a las paradas normales por avería. Producto del tiempo reducido que estas representan, estas detenciones no suelen ser consideradas como un problema, sin embargo, estas representan una de las mayores disminuciones de eficiencia en los equipos.

Para alcanzar el objetivo de cero defectos y cero averías, es importante comprender la importancia de todas las pérdidas de tiempo en los equipos. Para las grandes fábricas con muchos equipos o con sistemas de producción automatizados, cada una de estas paradas representa una detención en la línea de producción. Hoy en día producto del aumento en la automatización, las fábricas cada vez cuentan con menor personal activo para reparar averías menores. En estos casos se vuelve esencial reducir al mínimo las paradas menores y los tiempos de inactividad.

2.2.4. Pérdidas Por Velocidad Reducida

Este tipo de pérdida ocurre producto del diferencial de velocidad utilizado en la producción en comparación a la velocidad de diseño de la maquinaria. Las pérdidas por reducción de velocidad suelen ser ignoradas, sin embargo, esta reducción constituye una gran pérdida de eficiencia del equipo.

Se debe buscar eliminar dentro de lo posible estas pérdidas, las cuales pueden producirse por cualquiera de los siguientes factores: calidad defectuosa, problemas mecánicos, temor de sobrecarga del equipo y errores del operario a cargo. La pérdida de velocidad puede también ser el resultado de averías existentes en el equipo o de falta de conocimiento de las velocidades óptimas de operación.

2.2.5. Defectos De Calidad y Repetición De Trabajo

Los defectos de calidad y repetición de trabajo son pérdidas que se originan producto de problemas existentes con los equipos. Estos defectos producen un aumento de productos con calidad inferior a la estándar, lo cual se traduce en disminución de la producción efectiva.

Estos defectos suelen ser de fácil reparación, permitiendo al equipo volver a su óptima condición. Usualmente, estos defectos son causados por problemas crónicos de los equipos, los cuales pueden ser difíciles de identificar. La reparación de estos defectos no suele corregir la causa raíz del problema crónico, la cual suele ser ignorada provocando una gran cantidad de detenciones no programadas.

2.2.6. Pérdidas De Puesta En Marcha

Las pérdidas de puesta en marcha ocurren producto del diferencial de rendimiento de los equipos en el momento del arranque en comparación con el rendimiento durante producción estable. Muchas veces este tipo de pérdidas son difícil de identificar pues no suelen ser fácilmente identificables a nivel visual.

Estas pérdidas pueden ser dependientes de la estabilidad de las condiciones del proceso, la formación de los trabajadores y otros factores que evitan alcanzar las condiciones óptimas del proceso. Esto puede resultar en problemas de calidad final del producto y disminución de la tasa rendimiento productivo.

2.3. Problemas Para La Implantación De TPM

Como todo nuevo sistema o nueva cultura organizacional, la implementación del TPM puede conllevar diversos problemas, incluso tras considerar las recomendaciones expuestas en las etapas de implementación. Estos problemas pueden ser clasificados principalmente en dos distintivas especies: problemas externos y problemas internos.

Es importante aclarar que, al hablar de problemas internos y externos, estos no son referidos con respecto a la empresa sino que con respecto al proceso de implementación. Es decir, problemas externos pueden estar asociados con problemas de personal, mientras que problemas internos pueden tener relación con las estrategias o cultura organizacional actual.

2.3.1. Problemas Externos Para La Aplicación De TPM

Producción Entiende El Proceso Como Un Intento De Obtener Mayor Productividad De Ellos Y Lo Rechaza

La comunicación y la participación del sector productivo en la integración del TPM en las empresas puede resultar ser de suma importancia. La falta de comunicación o fallar en la comprensión del objetivo del TPM puede resultar en que el departamento de producción asuma que se busca un incremento en la productividad sin lograr obtener nada a cambio.

Dentro de la cultura occidental, incentivar a los trabajadores a adoptar un nuevo sistema suele requerir de incentivos o reconocimiento de los esfuerzos. Buscar forzar un nuevo sistema o proceso fuera de la costumbre de los trabajadores sin mostrar ningún tipo de incentivo puede resultar en una respuesta opositora de parte del equipo de producción. Este tipo de respuestas suelen evitar que se cumplan los objetivos establecidos con la implementación del TPM, disminuyendo los resultados obtenidos en términos de productividad y de costos, además de generar una reducción en la moral y motivación de los trabajadores.

Para evitar este problema, es necesario contar con un líder carismático y con credibilidad. En la situación en que el departamento de producción no se corresponsabiliza adecuadamente con el proceso y oponga una fuerte resistencia al cambio, la empresa corre el riesgo de fallar en la implementación del TPM. Es importante realizar hincapié de la importancia de realizar los cambios en la empresa para lograr mantenerse en el mercado.

El Personal De Mantenimiento Ve En El Proceso Una Pérdida De Competencias Y Teme Por Su Futuro

La implementación del TPM requiere de entregar responsabilidad de los equipos a los operadores, en donde se transfieren las tareas de mantenimiento primario que eran responsabilidad del equipo de mantenimiento hacia los operadores de los propios equipos. Este intercambio de tareas puede producir preocupaciones en el departamento de mantenimiento, en donde se teme por la pérdida de competencias y la disminución de la importancia de los mantenedores.

Es importante comunicar al departamento de mantenimiento que las tareas de mantenimiento que realizarán los operadores de los equipos son solo las actividades más simples. A su vez, la implementación del TPM otorga la posibilidad de incorporar nuevas tecnologías en los procesos productivos. Las nuevas tecnologías y los nuevos programas de mantenimiento requieren del desarrollo de nuevas habilidades e implementación de nuevas competencias técnicas para los mantenedores.

Para favorecer la participación y motivación de los mantenedores en el proceso de cambio, al igual que en la implementación dentro del departamento de producción, se pueden entregar incentivos en donde posiblemente más de algún miembro pueda cambiar de departamento.

En el caso de encontrar una postura opositora por parte del departamento de mantenimiento a través de una gran resistencia al cambio, la implementación forzosa debe estar acompañada de una rigurosa atención e inspección de los procesos de lanzamiento de trabajo, control de resultados y eficacia real del proceso.

En caso de ocurrir una situación en donde se encuentre una resistencia al cambio por parte del departamento de mantenimiento, al igual que con el departamento de producción, se sugiere la utilización de equipos pilotos para la implementación del TPM, en donde se puedan realizar cambios al proceso y se puedan presentar los resultados de la implementación del TPM a los trabajadores.

La Dirección Puede Estar Dudosa Bien Por El Proceso En Si, Por Sus Resultados O Por Las Repercusiones Asociadas

Tal como se ha mencionado anteriormente, el TPM es una metodología que involucra la participación de toda la empresa. El apoyo de la dirección de la empresa es fundamental para lograr una implementación exitosa, sin embargo, existen ocasiones en donde un apoyo decidido por parte de los altos cargos no es encontrado. Esto puede causar grandes problemas al momento de realizar la implementación del TPM, donde no se encontrarán todos los recursos disponibles o no se aceptará la realización de cambios necesarios en los procesos.

En caso de no contar con el apoyo necesario de la dirección, es recomendable buscar un área piloto en donde se puede implementar el TPM con seguridad de éxito. Para esto se debe primero diagnosticar la situación de partida y reportar todos los puntos débiles y fuertes a la dirección, anticipándose a los problemas emergentes.

Una vez desarrollada la implementación en las áreas piloto, se debe realizar una rigurosa revisión y evaluación de los resultados. Si estos son favorables, se debe exponer formalmente el proceso de forma contundente a la dirección, presentando los pasos, los problemas, los resultados e indicando las complicaciones en la aplicación de las áreas restantes. Este punto debe ser tratado como una exposición para "venderle" la idea a la dirección y promover un apoyo decidido. Se debe a su vez enfatizar tanto en los resultados obtenidos como en la complejidad de implementar en las áreas restantes con el fin de no generar falsas expectativas a la dirección de la empresa.

2.3.2. Problemas Internos Para La Aplicación De TPM

Nuestro Plan De Mantenimiento No Es Totalmente Eficaz

Se debe recordar que la implementación del TPM en una empresa conlleva el traspaso de las actividades primarias de mantenimiento desde el equipo de mantenedores al equipo productivo. Con la aplicación del TPM se logra alcanzar los mayores niveles de eficacia posible, sin embargo, es posible que las actividades actuales de mantenimiento no sean eficaces. Esto implicaría que la transferencia de actividades que cuentan con un protocolo deficiente o inútiles pueden resultar en incluso mayores pérdidas de eficacia, con lo cual pudiese ser incluso recomendable no realizar dichas actividades.

En caso de que el plan de mantenimiento actual no sea suficientemente eficaz, es recomendable la aplicación del TPM en los niveles más básico (inspección visual, medición de niveles, limpieza superficial), o simplemente no implantar el TPM.

No Disponemos De Un Sistema Eficaz De Planificación, Lanzamiento Y Control

Los sistemas de control y gestión son fundamentales en la planificación y organización de los trabajos en las organizaciones. Si el sistema de gestión actual de mantenimiento no es eficaz, es recomendable no implementar el TPM. La implementación del TPM sobre un sistema de gestión de mantenimiento no eficaz puede resultar en un desorden mayor de las actividades de mantenimiento.

Es recomendable iniciar por realizar un cambio en el sistema de gestión, enfocándose en realizar un nuevo sistema de planificación para el mantenimiento, en el cual se incorporen metodologías para transferir las labores de mantenimiento primaria al equipo de producción una vez que se esté en condiciones de implementar el TPM.

Existen Carencias Significativas En Cuanto A Repuestos, Logística, Mantenibilidad Y Formación

Antes de realizar la implementación del TPM, es necesario realizar un diagnóstico de estos puntos con el fin de detectar debilidades y poder proponer soluciones concretas. Una carencia dentro de cualquiera de estos puntos puede generar grandes dificultades en la realización de las tareas de mantenimiento, y más aún, parecería ilógico traspasar a producción tareas de mantenimiento que no podrán realizar producto de la falta de repuestos, formación deficiente, logística imperfecta o falta de documentación necesaria para realizar las intervenciones a los equipos.

Las carencias pertinentes en cada uno de los puntos expuestos dificultan la realización de una exitosa implementación del TPM. Es necesario abordar los procesos de modificación a estos puntos previo a la implantación del TPM. Asegurar tener procesos eficientes y eficaces facilita la absorción del proceso, además de permitir a los operarios observar mejoras significativas en sus equipos y en los procesos de mantenimiento tras las intervenciones.

2.4. Casos De Aplicación Exitosa Del TPM

A continuación, se presentarán ejemplos de casos exitosos de aplicación del TPM. Estos casos no presentan un análisis sobre las acciones y procedimientos abordados para la implantación, sino que presentan resultados y mejorías en los sistemas y procesos de la empresa.

Central Eléctrica Do Norte Do Brasil S.A.

Esta empresa brasileña del rubro de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica comenzó su proceso de implementación de TPM en 1998 en la regional de Mato Grosso como proyecto piloto. En el año 2000 se realizó un estudio en donde se presentaron los resultados de la aplicación del TPM.

Tal como se muestra en los resultados expuestos en la *tablas 3.1*, la implementación del TPM presento un resultado positivo, mostrando progresos desde el año 1997 hasta el año 2000. Esta prueba piloto demostró que es posible la exitosa implementación, en donde se lograron obtener beneficios tales como:

- Aumento de un 40,16 % de la productividad.
- disminución de las fallas y defectos de alta gravedad en un 78,95 %.
- Reducción de tiempo de reposición del sistema eléctrico en caso de apagón en un 38,60 %.
- Disminución en la relación ingresos/costos en un 56,25 %.
- Reducción de costos de producción en un 29,10 %.

(Fuente: El caso Electronorte de implementación y Gestión TPM - Jorge Palmeira Nassar.)

Tabla 2.1: Indicadores de desempeño de producción Mato Grosso.

INDICADOR	UNIDAD	AÑO				%
		1997	1998	1999	2000	
Productividad	GWh/emp	12,70	14,10	15,30	17,80	40,16
Fallos y defectos de alta gravedad	Unidad	19,00	14,00	12,00	4,00	-78,95
Tiempo de restablecimiento de l sistema	Minutos	43,00	40,20	47,00	26,40	-38,60
Voltaje fuera de faja	Minutos	S.M.	S.M.	25,00	15,00	
Número de apagones	Minutos	4,00	5,00	7,00	4,00	0,00
Costo	US\$x10 ⁶	17,49	18,13	12,62	12,40	-29,10
Relación Operacional (Ingreso/Gasto)	%	112,00	99,00	64,00	49,00	-56,25
Disponibilidad de equipo	%	97,28	97,93	98,13	99,92	2,71
Disponibilidad de líneas	%	99,78	99,87	99,92	99,93	0,05
Donde: GWh/emp significa cantidad de energía (giga watt hora) dividida poe el número de empleados. S.M. significa Sin Medición La variación porcentual compara el año 2000 con 1997						

Fuente: El Mantenimiento Productivo Total TPM Y La Importancia Del Recurso Humano Para Su Exitosa Implementación. Ernesto López

Planta Unilever España

Unilever es una empresa productora multinacional que fabrica todo tipo de productos, de los cuales se destacan sus productos de las áreas de alimentación, bebidas, hogar, cuidado personal y animal.

Se desarrollo en esta empresa un estudio para la implementación piloto de TPM, de la cual se realizaron estudios para determinar equipos críticos y poder evaluar los cambios tras la implementación del TPM. Dentro de los resultados obtenidos, se destacan positivamente los siguientes parámetros:

- Incremento de eficiencia de equipos críticos entre un 85-90 %.
- Disminución de productos con calidad no aceptable en un 8 %, lo cual se traduce en una disminución de costes estimada en 360.000€/año.
- Reducción de Give Away (cantidad de producto exceso que contienen los envases) entre 33-50 %, lo cual supone un ahorro de 360.000€/año.

(Fuente: Unilever Caso de Exito TPM - Miguel Angel Capa Rojas)

Texas Instruments

Texas Instruments es la tercer mayor empresa fabricante de semiconductores en el mundo, además de ser el mayor suministrador de circuitos integrados para teléfonos móviles y mayor productor de procesadores digitales de señal.

Esta empresa norteamericana logró una exitosa implementación del TPM dentro de su planta de producción, con lo cual después de solamente un año a partir de su aplicación, lograron una reducción de sus costos de operación en más de \$6.000.000 USD.

(Fuente: The Texas Instruments MMST BPR Project - Paul Harmon)

Harley-Davidson

Harley-Davidson es una compañía estadounidense de motocicletas, la cual ha sido reconocida por su desarrollo e impulso de las motocicletas chopper, a través de sistemas de personalización de las motocicletas.

Esta empresa decidió incorporar la metodología TPM con la intención de reducir sus costos productivos y aumentar la calidad final de sus productos. A partir de esto, se estima que Harley-Davidson logro obtener un ROI (Retorno de la inversión) de 10:1 sobre los costos de implementación de TPM.

(Fuente: Presentación Insutrial Tijuana - Industrial Tijuana)

3M

3M es una empresa multinacional estadounidense dedicada a la investigación, desarrollo y manufactura de diversos productos de equipamiento industrial.

En 2008 tras diversos problemas por contaminación ambiental, 3M decidió implementar TPM con el objetivo de poder utilizar nuevas tecnologías menos contaminantes y reducir sus costos. Luego de tres años de implementación, 3M logro reducir sus costos de mantenimiento en un 60%, y a su vez logro salir del listado de las 100 empresas más contaminantes del mundo.

(Fuente: Presentación Insutrial Tijuana - Industrial Tijuana)

2.5. Las Pérdidas En El Desarrollo De Competencias

El Mantenimiento Productivo Total es una estrategia que busca alcanzar los más altos estándares de calidad con la máxima eficiencia y eficacia productiva. Estos altos estándares pueden solamente ser alcanzados al eliminar el mayor número de perdidas posibles de los sistemas productivos. Como se ha observado en el análisis de las seis grandes pérdidas del TPM, la mayor parte de las pérdidas se obtienen producto de defectos humanos, los cuales a su vez se traducen en déficit de conocimientos, dificultades para realizar correctamente las actividades y falta de competencias para el desarrollo de las actividades de producción y mantenimiento.

Es importante comprender todos los problemas y las pérdidas que pudiesen afectar una correcta implementación del TPM. Más aun, al buscar desarrollar una propuesta de desarrollo de competencias de mantenimiento, se debe realizar énfasis sobre aquellas perdidas y problemas que afectan el rendimiento y capacidad de realizar correctamente las nuevas tareas de mantenimiento que deben realizar los operadores y los técnicos de mantenimiento.

Comenzando de la base de los objetivos del Mantenimiento Productivo Total, se obtiene la necesidad de obtener una disponibilidad de los equipos cercana al 100 %. Esta disponibilidad debe ser alcanzada a través de procesos de mantenimiento correctamente planificados para evitar que se manifiesten grandes averías. Estos trabajos de mantenimiento deben ser realizado de la manera mas eficiente y eficaz posible para asegurar que la disponibilidad se vea afectado de la menor manera posible. Los procesos de mantenimiento tradicionales implicarían la necesidad de coordinar a un equipo técnico de mantenimiento para realizar los trabajos de mantenimiento en los tiempos programados, sin embargo, los equipos siempre se encuentran expuestos a la posibilidad de averías mayores, las cuales indudablemente disminuyen la disponibilidad de los equipos. Tal como se ha mencionado en el análisis de pérdidas por averías, los encargados de realizar las acciones de mantenimiento deben contar con las competencias necesarias no solo para arreglar momentáneamente las averías, sino que a su vez estos deben ser capaces de aprender de las averías, mejorar la calidad del mantenimiento y generar ideas de mejoras que permitan corregir las debilidades del diseño del equipo que causan las averías. Los encargados de realizar el mantenimiento deben lograr adquirir las competencias necesarias para realizar evaluaciones de los equipos y entender las fallas que están causando las averías de manera de poder disminuir la tasa de falla. Esta necesidad es lo que lleva al Mantenimiento Productivo Total a contar con una de sus características más importantes en términos del mantenimiento: mantenimiento primario realizado por los operadores.

No cabe duda que los operadores de los equipos son los actores que deben realizar la mayor cantidad de cambios en sus metodología de trabajo. En términos productivos deben ser capaces de adaptarse a los nuevos sistemas y equipos utilizados con la implementación del TPM. A su vez, los cambios en los sistemas de estandarizados de las empresas implican que los operadores deberán adaptarse a un nuevo sistema laboral y nuevas áreas de trabajo. Es precisamente en estos operadores que recae la necesidad de realizar el mayor cambio en termino de sus responsabilidades laborales. Estos deben adquirir la capacidad y las competencias necesarias para realizar las labores de mantenimiento primarias en los equipos que utilizan. La necesidad de realizar evaluaciones del desempeño de los equipos, observar las condiciones de operación y anticiparse a las fallas para evitar disminución de la disponibilidad de estos equipos implica que los operadores deben ser capaces de contar con una mayor participación en las labores de mantenimiento. Al ser los operadores los encargados de realizar las labores primarias de mantenimiento y a su vez ser los encargados de que su equipo se mantenga en condiciones óptimas de operación, permite obtener una rápida respuesta ante las averías menores y ser capaces de corregirlas rápidamente. Entender que las averías menores son las responsables de un gran porcentaje de la indisponibilidad de los equipos permite comprender la necesidad de preparar a los operadores para realizar nuevas tareas de mantenimiento. Por otra parte, los operadores son los que cuentan con el mayor conocimiento operacional del equipo, por lo cual se convierten en el primer elemento de control para observar y analizar cualquier anomalía en el equipo, ya sea desde ruidos extraños hasta vibraciones inusuales al momento de operar. Estos síntomas no son solamente causas de potenciales fallas, sino que a también son los grandes causantes de pérdidas por defecto de calidad y necesidad de repetición de trabajo, lo cual a su vez son el responsable de una disminución en la tasa de calidad.

Junto con la implementación del Mantenimiento Productivo Total, los operadores entran a poseer una gran responsabilidad dentro de la producción en la empresa (aun mayor que en los sistemas tradicionales de producción y mantenimiento). Es fundamental asegurarse de que los trabajadores de la empresa entiendan los cambios, sus necesidades y sus implicancias. Como se ha observado en los potenciales problemas en la aplicación del TPM, es posible encontrarse con una gran resistencia al proceso por parte de los operadores y el personal de mantenimiento. Todo proceso de cambio implica que los trabajadores deben abandonar sus zonas de confort y enfrentarse a nuevos cambios que pueden resultar ambiguos o poco claros producto de la falta de información. La comunicación es uno de los aspectos más importantes en todos los procesos de formación y cambios en las empresas. Es importante que al desarrollar el modelo de desarrollo de competencias se tenga en cuenta estos potenciales problemas a los cuales se pueden enfrentar las empresas. Estos problemas no solo se presentan como resultado de una comunicación deficiente, sino que también como falta de competencias relacionadas con la responsabilidad de los trabajadores hacia la compañía. Producto de la nueva responsabilidad que adquieren los operadores y del mayor poder de participación que adquieren tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento en tanto los procesos de decisión como en la generación de ideas, asegurarse que estos trabajadores cuenten con las competencias relacionadas a la responsabilidad de mantener sus equipos, generar ideas de mejora, compromiso con compañeros de trabajo y la empresa

se vuelve un elemento fundamental para el desarrollo de un exitoso plan de formación de competencias de mantenimiento.

Todos estos aspectos deben ser evaluados y sirven como parámetros o indicaciones de que esperar ante el cambio en la aplicación del TPM. De igual forma, analizar las pérdidas y los problemas permite entender el resultado de las competencias que cada empresa requiere desarrollar para la exitosa implementación del Mantenimiento Productivo Total.

Es a partir de la comprensión de los problemas, pérdidas y dificultades en la implementación del Mantenimiento Productivo Total, que se puede lograr establecer sistemas o modelos que aseguren minimizar dichas pérdidas al momento de realizar procesos de formación y capacitación de los trabajadores. El desarrollo de un modelo de desarrollo de competencias de mantenimiento para la aplicación de TPM debe incorporar elementos que eviten la formación de estos problemas o pérdidas. En base a los problemas analizados se pueden establecer las siguientes conclusiones aplicables al modelo de desarrollo de competencias:

- Se debe tener una clara definición de los objetivos y los alcances del proyecto de implementación de TPM, los cuales deben ser accesibles y fácilmente comprensibles por parte de los trabajadores para minimizar las fuentes de incertidumbre por parte de los trabajadores.
- Se debe realizar una clara diferenciación de las nuevas actividades de mantenimiento a desarrollar bajo el modelo de Mantenimiento Productivo Total, en las cuales se representen claramente cuales acciones les corresponde realizar a cada uno de los encargados de mantenimiento.
- Se debe asegurar que previo a la implementación de un sistema de TPM, los sistemas actuales de mantenimiento sean eficaces y permitan que implementar el sistema de TPM sea viable.
- Se debe establecer un plan de comunicación eficaz desde el inicio del proceso de cambio para asegurar que cada uno de los actores involucrados entienda cual es el objetivo real del cambio, evitando las incertidumbres respecto al futuro laboral de los trabajadores.
- Para establecer medidas concretas y fácilmente comprensibles por parte de los trabajadores, se deben elegir líderes que comprendan el proceso que se esta realizando y tenga la capacidad de apoyar en los procesos de decisión y guiar a los trabajadores para facilitar los procesos de cambio.

3 | Competencias Técnicas Para El Mantenimiento

3.1. El Factor Humano Y Resistencia Al Cambio

El factor humano puede ser considerado como el elemento más importante al momento de implementar cualquier cambio organizacional que involucre un cambio cultural o un cambio en los sistemas de gestión o producción. Los cambios en las empresas deben finalmente ser ejecutados directamente por las personas, razón por la cual se hace de suma importancia que los procesos de cambio se realicen de manera adecuadamente informada y planificada.

Los procesos de cambio que involucren al factor humano siempre se encontrarán propensos a enfrentar una resistencia al cambio. Existen múltiples razones por la cual se pueden generar resistencias al cambio por parte de los trabajadores, sin embargo, dentro de las empresas se pueden identificar dos causas primarias. La primera de estas es oposición a cambiar los hábitos de trabajo y salir de la zona de confort. Cambiar las rutinas de trabajo implica realizar un esfuerzo extra por parte de los trabajadores para adaptarse a los nuevos procesos de los cuales ellos pueden no entender o no observar potencialmente las mejoras que estos cambios implican para la empresa. Todo proceso de cambio implica a su vez una posibilidad de falla por lo que se puede temer al fracaso y que el trabajo extra realizado sea en vano. El segundo motivo principal para oponer una resistencia al cambio es el temor natural al cambio por parte de los humanos. Todos los cambios implican una obligación a desarrollar nuevas capacidades y competencias laborales, sin embargo, la naturaleza humana intenta forzar a las personas a retraerse de cambiar sus hábitos de trabajo y mantenerse en su "zona de confort". Este miedo al cambio suele manifestarse en críticas a la directiva de la empresa por los cambios y resentimiento por sentir que el trabajo realizado por ellos no es suficientemente valorado.

Inicialmente, todos los cambios al interior de las empresas suelen ser ineficientes producto de las dificultades de su implementación y por los problemas que pueden presentar el factor humano de las empresas. Las empresas desarrollan una curva de aprendizaje en la cual se observa como dentro de los cambios se desarrollan nuevas capacidades, desarrollo personal y profesional de los trabajadores y se delegan nuevos sistemas de control y autonomía dentro de las distintas áreas de trabajo involucradas en el proceso de cambio. Todos estos aprendizajes permiten desarrollar mejores sistemas de adaptación, aumentando la eficiencia de los procesos de cambio y logrando alcanzar los resultados esperados.

”La mayoría de las actividades humanas implica la interacción *Hombre-Máquina Entorno*. El concepto de **Hombre** considera a las personas en sus vertientes física, psíquica y social. El concepto **Máquina** debe interpretarse en su sentido más amplio: ”máquina” es todo aquello que las personas utilizan para llevar a cabo cualquier actividad dirigida a lograr algún propósito deseado o desempeñar alguna función, desde las herramientas y equipos más sencillos hasta los aparatos, normas, métodos, equipamientos o medios de trabajo complejos.” (Amendola y Depool, 2005). Es importante entender que el factor humano no se puede considerar en los procesos de cambios como un elemento individual dentro de los diversos elementos que conforman la empresa. Al realizar cambios, se debe considerar al factor humano junto con las ”máquinas” como un único elemento que se debe trabajar en conjunto. Eludir este paradigma puede significar el no entendimiento real de la fuerza laboral y el sistema productivo de la empresa, lo cual puede resultar en la

toma errónea de decisiones al momento de implementar cambios.

Al considerar el TPM como una metodología que introduce cambios en las empresas, se debe entender que los cambios en los procesos productivos tanto en función de los avances tecnológicos como el cambio en las competencias requeridas por el factor humano deben de ser considerados como un elemento sinérgico en el cual la inclusión de los conocimientos sobre los factores humanos permite evitar una concepción irracional de los sistemas de trabajo. Esto puede llevar a problemas como la realización de trabajos ilógicos, desorganización espacial del puesto de trabajo y diseño, falta de adiestramiento y de formación técnica.

3.2. El Capital Humano

Probablemente el activo de mayor importancia para las empresas de la sociedad actual. Estos son los encargados de desarrollar actividades desde las áreas administrativas hasta los procesos productivos industriales. Son estos trabajadores a su vez, los encargados y responsables del éxito o fracaso de una empresa. Producto de esto, se hace esencial entender el capital humano de una empresa y comprender las formas de mejorar y potenciar este activo para adquirir un mayor desempeño empresarial.

El capital humano de una empresa está formado por los conocimientos, destrezas, habilidades, salud mental y física, actitudes, calidad de hábitos de trabajo, actitudes, conductas, creatividad, innovación e inteligencia personal y social conjunta de todos los trabajadores de la empresa. Todos estos elementos pueden ser desarrollados y adquiridos a través de programas de desarrollo y formación de los trabajadores, además de a través de la adquisición de experiencia laboral y de la dedicación del trabajo.



Figura 3.1: Componentes del capital humano.

Fuente: Confiabilidad Humana clave de la Sostenibilidad Industrial - Oliverio García Palencia.

A nivel de mercado, la integración del Capital Humano con la imagen corporativa y el conocimiento corporativo permiten la constitución del "Capital Intelectual", el cual es considerado hoy en día como uno de los factores fundamentales en la supervivencia de una empresa. El desarrollo y adquisición de nuevos conocimientos permiten lograr aumentos de la productividad en función del uso y difusión de los nuevos conocimientos adquiridos. Esto es conocido a su vez como "Gestión de Conocimiento".

Para lograr un desarrollo del capital intelectual de una empresa, se deben incorporar junto a los conocimientos corporativos, los conocimientos individuales de los trabajadores. Se debe asegurar de existir suficientes métodos y mecanismos de difusión de información empresarial tales como los comunicados por Internet, Intranet empresarial y videoconferencias. Todos estos sistemas para compartir el conocimiento personal permiten establecer acciones y actividades para permitir el desarrollo del autoaprendizaje y autodesarrollo de competencias de los trabajadores.

Como ya se ha mencionado, el capital humano es potencialmente el activo de mayor importancia de las empresas, por lo que se convierte en una tarea fundamental gestionar el activo y fomentar el entrenamiento y formación de competencias de los trabajadores. Para lograr esto, se requiere la aplicación de modelos de formación por competencias, modelos de entrenamiento (coaching), modelos de empoderamiento (empowerment) y modelos de trabajo colaborativo (groupware y workflow).

3.3. Gestión Del Conocimiento

La gestión del conocimiento es el proceso que provee el capital humano capacitado, el cual permite que se ejerzan las funciones correctamente y se preserve el capital intelectual de la organización. Se puede comprender el conocimiento como la información que permite desarrollar acciones con la intención de satisfacer las demandas y procurar la explotación de las fortalezas de la empresa. En otras palabras, el conocimiento se puede definir como toda información que posee un valor agregado para la empresa.

Para un correcto desarrollo de la confiabilidad humana, se requiere que los procesos de gestión del talento humano a través de la gestión del conocimiento cuenten con un compromiso de la alta dirección para desarrollar y liderar los procesos de capacitación y motivación de los trabajadores. Estos procesos buscan la adquisición de nuevas aptitudes, capacidad de liderazgo, reconocimiento y confianza tanto a mediano como largo plazo. Para asegurar el éxito de la implementación del TPM, gestionar las estrategias asociadas a la generación de nuevos conocimientos se convierte en una tarea vital para las organizaciones. Si la gestión del conocimiento no es exitosa, la información adquirida por los trabajadores puede no generar valor para la empresa.

La gestión del conocimiento se encuentra directamente ligada con el capital intelectual de la organización como resultado de la interacción entre el conocimiento de la empresa y la utilización de los activos físicos. Esta interacción solo puede ocurrir a través de una correcta gestión del conocimiento, en donde la gestión del conocimiento no solo significa aumentar y explotar el conocimiento, sino que también identificar, administrar, transmitir, usar e inventariar el conocimiento, en función de la alineación de los intereses, misión y visión de la compañía, los cuales a su vez se encuentran enfocados en la competitividad global de esta.

Es importante recordar que a pesar de que los sistemas de competencias mencionados se encuentran enfocados en los trabajadores principalmente de las áreas productivas y de mantenimiento, el TPM es una metodología que abarca el total de la organización y por ende los sistemas de gestión de confiabilidad humana no se deben enfocar solamente en estos trabajadores, sino que también en las distintas áreas de las empresas. Es por este motivo que el sistema de gestión de conocimiento tiene como principal objetivo el traspaso de información a través de distintas áreas de la empresa, con la intención de trasladar el éxito de una actividad definida a otras actividades en distintas áreas que pudiesen aprovechar estos conocimientos. El mejor ejemplo del traslado de información es hacia la alta dirección de la empresa, en donde permitirles obtener información que permitió desarrollar con éxito actividades operacionales puede llevar a la toma de decisiones importantes con mira a continuar desarrollando y perfeccionando las actividades exitosas. A su vez, es importante que el conocimiento adquirido por todo trabajador se materialice en acciones concretas. De lo contrario, este conocimiento adquirido no se puede considerar realmente un conocimiento pues no aporta al capital intelectual de la organización.

Es fundamental para las organizaciones aprovechar el capital intelectual de estas. El aprovechamiento de este capital para potenciar la generación de nuevos conocimientos, desarrollo de procesos de innovación permanente y uso efectivo de nuevas tecnologías permite a las empresas adaptarse con facilidad y poder afrontar con menor dificultad los retos venideros. Todo este sistema funciona en base a la idea del mejoramiento continuo, en donde no se espera ser concluido el proceso de gestión del conocimiento, sino que cada vez expandirlo y explotarlo más y con mayor eficiencia.



Figura 3.2: Definición formal de Gestión del Conocimiento.

Fuente: Confiabilidad Humana clave de la Sostenibilidad Industrial - Oliverio García Palencia.

3.4. Formación Por Competencias

La formación por competencias es una herramienta de suma importancia para enfrentar los desafíos modernos de las industrias. Esta estrategia es vital para el desarrollo del Talento Humano, con lo cual se busca fomentar el desarrollo de habilidades y maximizar el nivel de conocimientos y destrezas particulares y grupales acordes con las necesidades industriales y operarias, con el fin de potenciar el crecimiento intelectual del capital humano de la organización.

Bajo los sistemas industriales modernos, en donde la tecnología forma cada vez una parte más fundamental en las operaciones de las empresas. Producto de esto, la adaptación a los cambios por parte del capital humano se convierte en una de las mayores ventajas competitivas. Para poder promover la capacidad de adaptación de los trabajadores, la Formación Por Competencias se convierte en una herramienta fundamental, con la cual se logran identificar, adquirir y desarrollar las competencias que permiten agregar valor al Capital Intelectual. Para esto, se deben impulsar programas corporativos de formación permanentes en la empresa, con el fin de evaluar el conocimiento y la experiencia de acuerdo con el modelo de competencias requeridos por la organización. Para la empresa es importante comprender y concebir que el cambio organizacional se debe fundamentar a través de procesos de gestión del talento humano basado en competencias. Al definir los sistemas de competencias que se requieren, es importante determinar y generar programas eficientes en los cuales se puedan medir los niveles actuales de conocimiento de los trabajadores y en donde se pueda evaluar en el tiempo la efectividad de los programas de entrenamiento. Estos programas a su vez deben ser en sí evaluados para corroborar su efectividad y realizar los cambios pertinentes para favorecer el desarrollo del talento humano.

La formación de competencias se enfoca en el desarrollo y adquisición de habilidades personales, las cuales favorecerán el desarrollo de tareas cotidianas en la organización a nivel personal y grupal. A su vez, la formación de competencias fomenta el desarrollo de técnicas asociadas a la comprensión de las actividades y objetivos de la empresa, al igual de fortalecer las capacidades de análisis y evaluación de los procesos y tareas que se realizan en un área determinada de la empresa. Todos estos parámetros se enfocan en el lograr los objetivos de la empresa. Es por esto que los sistemas de competencias a desarrollar en los programas de entrenamiento deben encontrarse directamente alineados con la misión, visión y objetivos de la organización.

Los planes de formación de competencias deben incluir los principios y valores corporativos, además de planes de entrenamiento de actividades, desarrollo de conocimientos y desarrollo de habilidades. Estos planes a su vez deben incluir sistemas y parámetros de evaluación de desempeño individual y rendimiento corporativo, los cuales estarán principalmente enfocados en los niveles de productividad y competitividad de la organización. Todas las empresas tendrán requerimientos distintos de competencias en función del tipo de trabajo que realizan y de la imagen corporativa que buscan generar y presentar al mercado, sin embargo, todos los planes de formación por competencias implicarán la realización de las siguientes etapas:

- Analizar la situación actual de la organización.
- Definir la estructura del modelo en función de las competencias del negocio.
- Diseñar un modelo de formación de competencias y gestión del talento humano, tal que estos permitan la incorporación eficiente de nuevos talentos.
- Elaborar el plan de tal forma que se incorporen facilitadores externos e internos de la organización.

3.5. Mantenimiento Autónomo

El mantenimiento autónomo forma una parte fundamental en el desarrollo e implementación del Mantenimiento Productivo Total. Forma parte del octavo paso de implementación del TPM, el cual se asocia con un sistema de gestión de la tecnología, de los equipos, de los operadores y del equipo de mantenimiento. Con la aplicación del mantenimiento autónomo, se busca incrementar la disponibilidad de los equipos a través de acciones de mantenimiento primario realizados por los operadores, con lo cual se logra que los equipos permanezcan en buenas condiciones durante los periodos de producción.

Con el mantenimiento autónomo se busca enseñar a los operadores a realizar mantenimiento primario a sus propios equipos con el fin de que estos se mantengan en buenas condiciones. Esto incluye la realización de actividades de chequeo diario, limpieza, eliminación de fuentes de contaminación, lubricación, reposición de elementos, organización, reparaciones pequeñas y cualquier otro tipo de labor de mantenimiento primario que requiera el equipo incluyendo la detección temprana de anomalías.

El mantenimiento autónomo es uno de los elementos más distintivos del Mantenimiento Productivo Total. Desarrollar las habilidades necesarias para realizar las tareas de mantenimiento autónomo se convierte uno de los requerimientos de mayor importancia para los operadores al implementar el TPM en la empresa. Los operadores se convierten en las personas responsable de sus propios equipos y en los responsables de que las tareas de producción puedan ser realizadas sin inconvenientes.

Como se ha apreciado, el mantenimiento autónomo se comprende a través de la perspectiva humana y a través de la perspectiva del equipamiento.

3.5.1. Perspectiva Humana

Desde la perspectiva humana, el mantenimiento autónomo se puede entender como el desarrollo de conocimientos que generan una ventaja o un beneficio para los operadores en la realización de las actividades requeridas en su rol.

Los operadores de los equipos pueden ser considerados como el activo fundamental que permite el desarrollo del mantenimiento autónomo. A pesar de que los operadores pueden contar con un mayor conocimiento de sus equipos con respecto a los mantenedores, esto no implica que ellos sean capaces de repararlos igual de bien que los técnicos encargados de mantenimiento. La comunicación entre los operadores y los mantenedores se vuelve un elemento de suma importancia, en donde el mayor conocimiento del equipo por parte de los operadores debe permitir que estos identifiquen con mayor facilidad y tempranamente los problemas que estos pueden estar generando, logrando realizar correcciones oportunamente y evitando las detenciones en la línea de producción. Es importante que los operadores cambien su mentalidad con respecto a la responsabilidad que tienen dentro de la producción de una empresa, en donde en el paradigma actual de producción el operador entiende que los problemas de los equipos son responsabilidad de los técnicos de mantenimiento y no problema de ellos. Los operadores son fácilmente las personas que cuentan con el mayor conocimiento de sus equipos en los procesos productivos, con lo cual el compromiso de ellos con la empresa, con la producción y con el bien estar de sus equipos permiten generar la diferencia en el incremento de la disponibilidad y en mantener en buenas condiciones operacionales los equipos. Los operadores de los equipos podrán contar con todo el conocimiento y experiencia para realizar grandes cambios y reparaciones en sus equipos, sin embargo, cuentan con la experiencia para detectar tempranamente los problemas e identificar la fuente del problema y evaluar la magnitud de dicho problema. De esta forma, si la magnitud del problema resulta no ser compleja ni de mayor dificultad, el operador es capaz de realizar el mismo los arreglos y evitar pérdidas de tiempo contactando a los técnicos de mantenimiento. Incluso en la situación en que el operador no sea capaz de resolver el problema, las acciones que este realiza para intentar resolver el problema permiten que el técnico de mantenimiento no deba perder tiempo en realizar las tareas de mantenimiento previamente desarrolladas por el operador.

La responsabilidad que se le entrega a los operadores al implementar el Mantenimiento Productivo Total requiere de tanto un gran compromiso por parte del operador con la empresa y su visión, como

de las habilidades necesarias para poder desarrollar las tareas de mantenimiento autónomo. Para esto se deben desarrollar ciertas competencias fundamentales que permitan la correcta aplicación del mantenimiento autónomo:

- Se debe desarrollar la capacidad de determinar anomalías en el equipo. Esto se debe realizar en función del conocimiento de los operadores sobre sus equipos, permitiendo detectar elementos no comunes que ocurren durante el proceso productivo normal, tales como vibraciones y ruidos inusuales.
- El operador debe tener un conocimiento total sobre el funcionamiento normal de su equipo. Estos deben ser capaz de entender y utilizar correctamente sus equipos con el fin de poder entender que se requiere para que el equipo funcione correctamente, cuáles son los parámetros de funcionamiento normal y poder entender cuando el equipo se encuentra funcionando de manera anormal.
- El conocimiento del equipo debe ser tal de que el operador sea capaz de brindar acciones correctivas al equipo de manera temprana. A su vez, el operador debe desarrollar la capacidad de no solo brindar oportunamente las acciones requeridas por el equipo, sino que también estas acciones deben ser realizadas correctamente, asegurando un mantenimiento de calidad y evitando que ocurran fallas en el equipo por acciones realizadas de manera deficiente.

Los operadores de los equipos se vuelven el activo más importante para incrementar la disponibilidad de los equipos y reducir el tiempo de las detenciones. Desarrollar las competencias mencionadas anteriormente permitirán a los operadores reconocer problemas graves a futuro y lograr mantener sus equipos en óptimas condiciones de operación.

3.5.2. Perspectiva Del Equipamiento

Cuando se habla del equipamiento con el que trabaja un operador, se suele entender este como las máquinas, herramientas y equipos con los que estos desarrollan su trabajo, sin embargo, usualmente se suele omitir uno de los elementos más importantes del equipamiento. El área de trabajo es el lugar en donde se desarrollan todas las actividades productivas. Es el lugar en el cual el operador se desenvuelve y desarrolla todas las actividades de producción y mantenimiento. El mantenimiento autónomo es uno de los pilares del TPM el cual a su vez se basa en las 5S. Es precisamente en el área de trabajo en donde se puede observar la importancia del sistema de orden y limpieza presentado por las 5S. El orden y la limpieza en el área de trabajo es posiblemente el elemento más importante para lograr el mantenimiento autónomo a partir de la perspectiva del equipamiento. Un área de trabajo ordenada y limpia permite una detección de los defectos y problemas con mayor facilidad. Obtener un área de trabajo limpia a su vez impide que el área se encuentre susceptible a elementos contaminantes externos los cuales pudiesen causar a su vez fallos y detenciones de los equipos. A su vez, desarrollar labores de mantenimiento en espacios amplios, limpios y organizados permiten acelerar los procesos de reparación y detección de fallas, evitando que las herramientas se pierdan o se demoren en ser encontradas, ampliando el espacio disponible de trabajo al eliminar los elementos no necesarios para el área de trabajo y eliminando todas las distracciones que pudiesen impedir el correcto trabajo del operador.

La relación entre los equipos y los operadores es un elemento fundamental en la correcta realización de mantenimiento autónomo. La sinergia hombre-máquina es la clave para alcanzar los objetivos del TPM: cero accidentes, cero defectos y cero averías. Para lograr que esta sinergia sea lo más eficiente posible, es importante que el equipamiento o las máquinas se encuentren en óptimas condiciones e incluyan el uso de las tecnologías modernas. Para entender la importancia de renovar los equipos al momento de implementar el TPM, se presenta el siguiente gráfico:

Se puede observar que los equipos son más susceptibles a fallar cuando estos tienen un mayor tiempo de utilización. Esto es igualmente evidente en equipos nuevos, sin embargo, en este último caso, las fallas suelen ocurrir por falta de información sobre el equipo e inexperiencia con respecto a su funcionamiento y utilización. A pesar de esto, un equipo nuevo puede permitir rápidamente disminuir la probabilidad de fallas aleatorias que pudiesen provocar detenciones indeseadas. El mantenimiento autónomo a su vez permite evitar o controlar oportunamente las pocas fallas que ocurrirán al equipo durante la fase de tasa de falla constante. Un buen entendimiento con las máquinas permite realizar las labores de mantenimiento oportunamente.

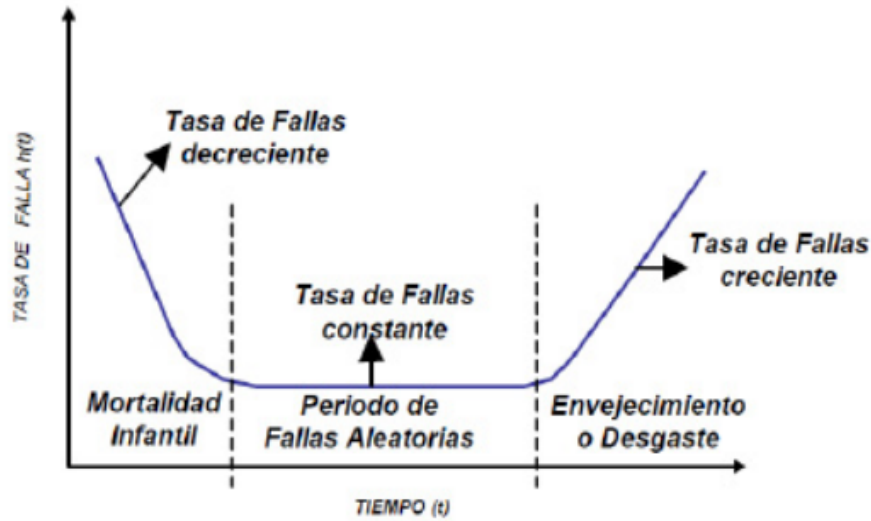


Figura 3.3: Tasa de falla de los equipos en función del tiempo.

Fuente: Calculando la Frecuencia Óptima de Mantenimiento o Reemplazo Preventivo: Caso de estudio basado en Métodos y Normas Vigentes - Ramesh Gulati

El conocimiento de estos equipos y la experiencia de uso permiten a los operadores disminuir aún más la probabilidad de falla y la probabilidad de tener problemas mayores. Esto se hace aún más evidente en la etapa de desgaste del equipo en donde la tasa de fallas aleatorias es creciente, sin embargo, labores de mantenimiento oportunas, una correcta utilización del equipo y mantenimientos de calidad realizados sobre este permiten que se aplaque el periodo en el que la tasa de falla es creciente.



Figura 3.4: Efecto de las acciones de mantenimiento autónomo.

Las acciones de mantenimiento realizadas de manera oportuna permiten aumentar el tiempo de vida de los equipos en los cuales la disponibilidad de estos no se ve altamente afectados. Esta es una de las mayores ventajas que proporciona el mantenimiento autónomo, observando el impacto de una correcta utilización del equipamiento y del desarrollo correcto de las competencias para los operadores.

3.5.3. Pasos Del Mantenimiento Autónomo

Lograr desarrollar un programa de mantenimiento autónomo requiere de una serie de pasos o etapas de implementación. Estos han sido diseñados y sugeridos por el JIPM, con los cuales se pretende crear progresivamente una cultura de cuidado de los equipos y el área de trabajo. Con esto se busca alcanzar las condiciones óptimas de operación de los equipos, además de generar las competencias necesarias tal que los operadores puedan realizar las inspecciones de los equipos. A su vez, se pretende crear un nuevo sistema directivo basado en el autocontrol y el empoderamiento de los operadores.

Tabla 3.1: Los siete pasos del mantenimiento autónomo y actividades esperadas.

#	PASOS	ACTIVIDADES A REALIZAR
1	Limpieza inicial	Eliminación de la suciedad, polvo y detección de anomalías.
2	Eliminación de fuentes de contaminación	Evitar que el equipo y el área de trabajo se ensucie nuevamente. Mejorar el acceso al área de trabajo y al equipo para facilitar la inspección y reducir los tiempos empleados para la limpieza.
3	Estándares de limpieza y lubricación	Diseñar e implementar estándares para mantener los procesos de inspección, limpieza y lubricación de los sistemas. Este estándar debe ser validado a través de experimentación para ser implementado de manera permanente y definitiva.
4	Inspección general	Realizar labores para incrementar el conocimiento acerca de los equipos. Leer manuales y realizar programas de capacitación para ayudar a la inspección y eliminación de pequeñas averías de los equipos.
5	Inspección autónoma	Realizar un manual de procedimiento para el mantenimiento autónomo. Generar sistemas de control y validar el procedimiento formulado.
6	Organización y ordenamiento	Seleccionar los elementos a ser controlados. Realizar procesos estandarizados para el control de herramientas, patrones de calidad, medidas del producto, etc.
7	Implementación total	Aplicar completamente todas las medidas establecidas para el mantenimiento autónomo. Realizar mediciones, comparar los resultados obtenidos y proponer sistemas de mejora para los sistemas de mantenimiento autónomo.

3.5.4. Paso 0: Preparación Del Mantenimiento Autónomo

Probablemente el paso más importante en la aplicación del mantenimiento autónomo. En esta etapa se reconoce la necesidad de implementar un sistema de mantenimiento autónomo dentro del proceso productivo. Se busca la preparación del personal y de los documentos necesarios para realizar los siguientes siete pasos del mantenimiento autónomo. A su vez, es en esta etapa en donde se realiza la capacitación del personal y se les prepara para desarrollar las actividades requeridas en cada una de las siete etapas de implementación.

Se comienza este paso por establecer los objetivos que se desea alcanzar con la implementación de un sistema de mantenimiento autónomo. Es importante que este objetivo se alinee con los de la organización para establecer así objetivos congruentes y alcanzables. La gran importancia de asegurar la alineación de objetivos es generar pasos, procesos y tareas de desarrollo lógico para alcanzar dichos objetivos.

Es importante permitir que los operadores se familiaricen en su totalidad con los equipos que manejan o manejarán. Para esto es importante que entiendan el funcionamiento de cada uno de sus componentes y a su vez entender cada uno de los problemas que estos pueden tener durante la operación del equipo. Así también deben comprender los efectos negativos que pueden sufrir estos componentes producto de la

acumulación de polvo, mala limpieza, falta de lubricación y falta de apriete de pernos y tornillos. Para lograr todo esto es necesario aplicar programas de entrenamiento y capacitación, así como también contar con la información completa de los equipos por parte de los proveedores y que esta sea completamente accesible por los operadores. Los programas de entrenamiento también deben proveer mecanismos para que los operadores sean capaces de evaluar y/o medir los niveles de suciedad, cantidad de lubricante y fuerza de apriete de los pernos y tornillos.

En el desarrollo del paso cero, se suelen utilizar diversas herramientas y ayudas, y desarrollar diversos manuales e instructivos para el uso durante los siguientes pasos del mantenimiento autónomo, tales como:

- **Manuales de situaciones anormales.** Consiste en un documento en el cual se presenta un esquema del equipo, su estructura, sus componentes, análisis de causas de deterioro de cada componente, causas de detenciones, niveles de calidad de cada componente, entre otros. Este es un documento que se debe entregar a los operadores en la primera etapa del entrenamiento, el cual facilitara la aclimatación del operador con el equipo y ayudara a iniciar la labor de mantenimiento autónomo.
- **Mapa de seguridad.** Este es un diagrama del área de trabajo del equipo, en donde se presentan todos los puntos de riesgo y los puntos de peligro para el operador durante las labores de las distintas etapas del mantenimiento autónomo.
- **Tarjetas de inspección de mantenimiento autónomo.** Permite mantener un registro de las labores de mantenimiento autónomo realizadas.
- **Listado de inspección.** Este listado contiene todos los elementos que deben ser inspeccionados, además de contener espacio para realizar notas y descripciones de cambios y posibles anomalías.
- **Registro fotográfico.** Se utiliza en las etapas iniciales de la capacitación para demostrar las condiciones óptimas en que se deben encontrar los equipos y para demostrar las áreas de acceso a los componentes del equipo.

Lograr que los operadores desarrollen con éxito las competencias necesarias para desarrollar el mantenimiento autónomo es fundamental para el éxito de la implementación del Mantenimiento Productivo Total. En empresas donde se ha logrado aplicar exitosamente el TPM, se estima que la correcta aplicación del mantenimiento autónomo ha sido responsable de aumentar en hasta un 72 % la disponibilidad de los equipos, mientras que lo cual a su vez se refleja en un incremento de hasta un 60 % en la tasa de rendimiento y un incremento de hasta un 88 % en la tasa de calidad. Todos estos incrementos producidos únicamente por el mantenimiento autónomo permiten un incremento de hasta aproximadamente un 38 % en la Eficiencia General del Equipo (OEE).

3.5.5. Competencias Asociadas Al Mantenimiento Autónomo

Como se ha mencionado anteriormente, el mantenimiento autónomo compone una parte fundamental de los nuevos sistemas de mantenimiento incorporados a través de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total. Dentro de la evaluación del programa de mantenimiento autónomo, se ha observado que los trabajadores encargados de realizar estas labores de mantenimiento deben ser capaces de contar con las habilidades y competencias necesarias para funcionar con autonomía y eficiencia, asegurando que no se disminuya la disponibilidad de los equipos por demoras no programadas y equivocaciones al momento de tomar decisiones y/o realizar las acciones de mantenimiento.

Es a partir de la mentalidad asociada al Mantenimiento Productivo Total que se entiende la necesidad de que las acciones de mantenimiento autónomo sean realizadas por los propios operadores de los equipos puesto que ellos son los primeros en poder realizar evaluaciones sobre el estado actual de los equipos y evaluar cualquier cambio en la operación de este, tal como aumento de vibraciones, ruidos anormales u odor inusual. Al ser la primera barrera de evaluación, los operadores son los primeros en poder actuar ante cualquier anomalía lo cual los convierte en la primera línea de defensa en contra de las averías de forma de poder asegurar que los equipos se mantengan en estado óptimo de operación. De esta forma, se espera que

los operadores sean autónomos al momento de realizar sus nuevas tareas tales como aquellas relacionadas al mantenimiento primario entre las cuales se encuentra la revisión diaria de los equipos e instalaciones, reparación de averías menores, engrase y limpieza de los equipos y área de trabajo. De igual manera, Cada una de las nuevas actividades de mantenimiento para los operadores de los equipos implican una nueva responsabilidad laboral. Producto de la independencia que se le entrega a los trabajadores, se espera que estos cuenten con la suficiente responsabilidad y capacidad de decisión para saber cuando realizar las acciones de mantenimiento tal que las averías no afecten la disponibilidad ni la tasa de calidad de los productos finales. A través de las actividades a realizar mencionadas que se puede realizar una evaluación de las competencias esperadas para cada uno de los operadores de equipos, de las cuales se pueden concluir la necesidad de asegurar el desarrollo y formación de las siguientes competencias:

- Capacidad de evaluación y análisis.
- Habilidad de investigación básica.
- Conocimiento y capacidad de manejo de herramientas.
- Capacidad de resolver problemas.
- Capacidad de reparar averías menores.
- Capacidad de gestionar su tiempo.
- Capacidad de adaptación a nuevas situaciones y circunstancias.
- Manejo de estrés.
- Aprendizaje continuo y optimización del mantenimiento.
- Responsabilidad y compromiso con el trabajo y la empresa.

Es importante que los operadores cuenten con cada una de estas competencias para lograr el funcionamiento óptimo del mantenimiento dentro de la metodología TPM, sin embargo, los operadores no son los únicos que deben adaptarse a los nuevos sistemas de mantenimiento. Las nuevas tareas de mantenimiento que deben realizar los operadores implica que los técnicos de mantenimiento deben cambiar sus rutinas de trabajo dejando a los operadores todas las labores de mantenimiento primario. De esta forma, los técnicos de mantenimiento deben ser capaces de realizar nuevas funciones de mantenimiento las cuales deben complementar a las tareas de los operadores pero contando con una mayor profundidad y especialización técnica.

Bajo el nuevo paradigma del Mantenimiento Productivo Total, los técnicos de mantenimiento deben abordar con mayor profundidad las labores de mantenimiento preventivo de segundo nivel. Esto implica la realización de inspecciones profundas a los equipos en los momentos de realizar tareas de mantenimiento preventivo, al igual que la necesidad de comprender con mayor profundidad los detalles técnicos de los equipos para poder resolver problemas y reparar averías mayores que los operadores no pueden solucionar. Todas estas actividades entran dentro de las características de un sistema de mantenimiento autónomo producto de la necesidad de que cada técnico de mantenimiento gestione sus propios tiempos de mantenimiento junto a los operadores para asegurar que los equipos se encuentren disponibles en todo momento necesario. Además de esto, los técnicos de mantenimiento deben contar con la capacidad para analizar y evaluar los procedimientos de mantenimiento desarrollados por los operadores y realizar sugerencias y modificaciones ante la observación de cualquier discrepancia con los procedimientos ideales de mantenimiento. Todo esto se debe complementar junto a la capacidad de evaluar problemas mayores en los equipos y reparar las averías mayores en el menor tiempo posible, asegurando que el equipo se encuentre en condiciones óptimas de operación y este sea seguro para el operador. Estas habilidades requeridas para los técnicos de mantenimiento se pueden sintetizar en las siguientes competencias a desarrollar:

- Capacidad de realizar inspecciones profundas en los equipos.
- Capacidad de gestionar tiempos y planificar mantenimientos preventivos.
- Capacidad de evaluar condiciones operacionales de los equipos.
- Capacidad de realizar reparaciones de grandes averías en los equipos.
- Capacidad de asegurar la seguridad de los operadores en el área de trabajo.
- Capacidad de evaluar labores de mantenimiento de los operadores.
- Capacidad de adaptación a nuevas situaciones y circunstancias.
- Manejo de estrés.
- Aprendizaje continuo y optimización del mantenimiento.
- Responsabilidad y compromiso con el trabajo y la empresa.

3.6. Mantenimiento Proactivo

La gestión temprana de los equipos ha permitido lograr incrementar la vida útil productiva de las máquinas. A lo largo de la historia se han desarrollado distintos mecanismos de detección y evaluación de fallas, los que han permitido perfeccionar las técnicas de mantenimiento acorde. En muchas ocasiones, los sistemas de detección de fallas y de evaluación de condición de los equipos son llevados a cabo por el personal de mantenimiento y por los operadores. La implementación de técnicas y herramientas que permitan incrementar la disponibilidad, confiabilidad y rendimiento del equipo, requieren del desarrollo de nuevas habilidades y competencias de control y mantenimiento por parte de los trabajadores.

El mantenimiento proactivo es un sistema de mantenimiento enfocado en la detección de fallas y desarrollo de acciones que busquen eliminar o minimizar las causas de las fallas. En los sistemas de mantenimiento proactivo, se requiere de las capacidades de detección de anomalías tempranas por parte de los operadores y de la generación de ideas de mejora por parte tanto de los operadores como los mantenedores. Es por esto que fundamentalmente, el mantenimiento proactivo se divide en dos pilares de desarrollo, el monitoreo de condiciones y la eliminación de fallas.

3.6.1. Monitoreo De Condición

El sistema de monitoreo de condiciones se basa en los sistemas de mantenimiento predictivo. En aquel sistema, se utilizan técnicas de análisis sobre elementos que suelen ser causas de fallas para lograr predecir cuándo ocurrirá la falla. Dentro de las técnicas utilizadas se encuentran:

- Análisis de vibraciones.
- Análisis de lubricante.
- Análisis de corriente eléctrica.
- Ensayos no destructivos.
- Inspección visual.

El sistema de monitoreo de condiciones utiliza técnicas similares a las del mantenimiento predictivo, profundizando aún más en los sistemas de análisis, utilizando a los sentidos de los operadores para realizar evaluaciones y realizando seguimiento constante de los parámetros físicos del equipo para lograr anticiparse a las fallas. Para esto, las distintas técnicas son agrupadas en tres secciones distintas:

Inspección de la maquinaria en función de los sentidos:

- Detección de ruidos anormales.
- Detección de temperaturas anormales.
- Cambio en los patrones de vibración perceptibles.
- Detección de olores inusuales.
- Inspección visual del equipo.

Inspección a través de Ensayos No Destructivos:

- Inspección con radiografías.
- Uso de partículas magnéticas.
- Utilización de tintas penetrantes.
- Inspección por ultrasonido.

Monitoreo de las condiciones dinámicas de los equipos

- Monitoreo de vibraciones.
- Monitoreo de temperatura del equipo.
- Monitoreo de condición del lubricante.
- Monitoreo de partículas en los aceites.
- Monitoreo de espesores mediante ultrasonido.
- Inspección mediante termografía infrarroja.
- Medición del desempeño del equipo (Presión, Caudal, Potencia Entregada, Consumo Eléctrico, Consumo de Combustible, etc).

El sistema de monitoreo de condición del mantenimiento proactivo permite un gran beneficio para tanto la programación del mantenimiento como para el costo de mantenimiento. Las fallas de un equipo no ocurren en el instante en que este presenta el problema que afecte su rendimiento. Las fallas toman un largo tiempo en manifestarse completamente a partir del instante en que estas empiezan a ocurrir (Punto de falla inicial). En el punto inicial de falla los cambios de condición del equipo son marginales y difícilmente detectables. El equipo comenzará a presentar síntomas producto de esta falla en desarrollo. Existe un periodo a partir del instante en que la falla es detectable producto de los síntomas hasta que la falla se manifieste en su totalidad y afecte de gran manera la condición del equipo. Es en este intervalo de tiempo en el cual se espera que se desarrolle el mantenimiento, evitando la detención del equipo, incrementando la disponibilidad y reduciendo los costos de mantenimiento en comparación con el mantenimiento correctivo.

Es importante comprender que para cada tipo de falla existe un "intervalo P-F" diferente. Este intervalo será característico para cada tipo de falla particular, lo cual permitirá determinar la frecuencia óptima de inspección para el elemento que produce esta falla. A su vez, es importante entender que cada falla requerirá de un sistema de detección y monitoreo de condición diferente en función del intervalo P-F de la falla. Existirán fallas que requieran sistemas más complejos de monitoreo y una mayor velocidad de reacción para realizar el mantenimiento, por lo que es importante que los operadores se encuentren altamente capacitados para realizar los sistemas de monitoreo.

Desarrollar un plan de monitoreo de condiciones requiere establecer dos tipos de alarmas de detección de fallas:

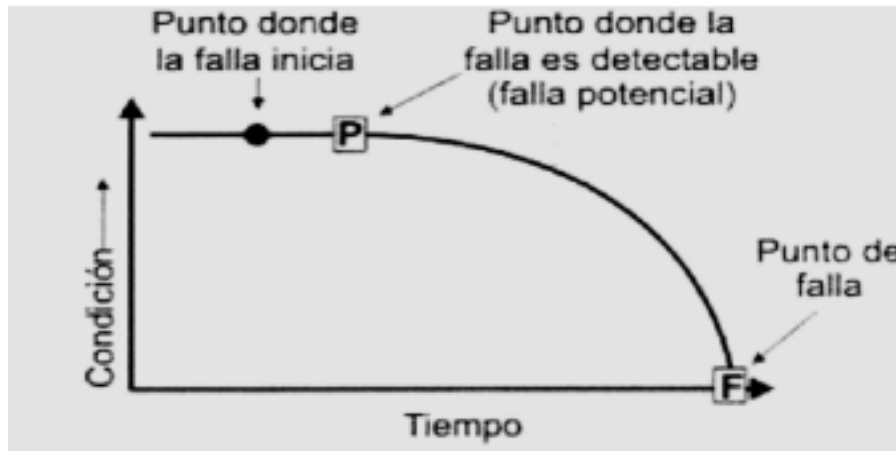


Figura 3.5: Intervalo P-F de falla.

Fuente: Las Técnicas de Monitoreo de Condición, como herramienta del Mantenimiento Proactivo - Carolina Altmann.

- Alarmas Absolutas: Las alarmas absolutas son límites condenatorios usualmente definidos por el fabricante. Estos pueden también estar definidos por normas nacionales o internaciones, tales como los valores globales de velocidad de vibración, regulados por la norma ISO 10816/1.
- Alarmas Estadísticas: Estas alarmas se establecen a través de valores estadísticos y tendencias de fallas, obtenidas a partir de los registros históricos de uso del equipo.

Es importante recordar que los sistemas de monitoreo de condición se enfocan netamente en el monitoreo y evaluación de las condiciones del equipo. Estos en ningún momento buscan intervenir con las causas de las fallas, por lo tanto, este sistema solo permite aumentar la disponibilidad del equipo pero no disminuir la tasa de falla, ni aumentar la disponibilidad del equipo.

3.6.2. Eliminación De Fallas

Probablemente el elemento más distintivo del mantenimiento proactivo es la búsqueda de las causas de fallas y acciones correctivas que eviten que la falla se vuelva a manifestar. Eliminar las fallas de un equipo no es una tarea sencilla. Se requiere de la capacidad de tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento para ser capaz de determinar la causa raíz de las fallas. Es importante entender que es imposible eliminar completamente la probabilidad de ocurrencia de fallas en un equipo, sin embargo, el mantenimiento proactivo busca la eliminación de las causas de fallas recurrentes.

Para alcanzar los objetivos de eliminación de falla del mantenimiento proactivo, se requiere que los operadores y los técnicos de mantenimiento cuenten con un conocimiento detallado de los equipos. A partir de esto, es necesario que estos sean capaces de generar ideas de mejora a realizar sobre el equipo, desde cambios menores hasta rediseño de grandes componentes de la máquina. A su vez, se espera que los operadores y los técnicos de mantenimiento sean capaces de llevar a cabo estas ideas e implementarlas en sus equipos, siempre y cuando las acciones requeridas para llevar a cabo la idea se encuentren dentro de sus competencias laborales.

Al igual que el sistema de monitoreo de condición de equipo, esta etapa del mantenimiento proactivo le entrega una gran responsabilidad a los operadores y a los encargados del mantenimiento. Producto de esta nueva responsabilidad adquirida, es fundamental lograr que los trabajadores se muestren comprometidos con la organización y que entiendan la misión, visión y objetivos de esta. un trabajador no comprometido con la cultura empresarial generará deficiencias en el desarrollo de las actividades de mantenimiento proactivo, los cuales a su vez se reflejarán en disponibilidad y confiabilidad de los equipos reducido, además de una mayor tasa de falla con respecto a los esperados por la empresa.

3.6.3. Aplicación De Técnicas

Los planes de mantenimiento de los equipos se basan en los objetivos de disponibilidad, confiabilidad y los requerimientos de producción establecidos por la organización. Para lograr alcanzar las metas establecidas, se debe lograr establecer el plan de mantenimiento que permita hacer un seguimiento al estado de los equipos. Para esto, al momento de desarrollar el plan, se debe tener en consideración el impacto producido por una falla en:

- La operación del equipo y de las instalaciones.
- La productividad de la planta.
- La seguridad del personal.
- El medio ambiente.

Cada equipo en una planta tiene su propia importancia dentro de un proceso productivo, sin embargo, existen equipos que producto del gran impacto que genera su detención en la producción, son considerados críticos para la organización. Es en estos equipos en donde se toma una mayor importancia a la aplicación de un plan riguroso de mantenimiento proactivo. Producto del mayor costo que puede implicar un sistema de mantenimiento proactivo, estos planes suelen aplicarse principalmente en los equipos de alta criticidad.

Cada sistema de monitoreo de condición posee ventajas y desventajas con respecto a los otros sistemas de monitoreo. Dependiendo del requerimiento de cada equipo, se puede determinar el sistema de monitoreo ideal el cual puede resultar ser la combinación de más de una técnica de monitoreo. Un sistema de monitoreo basado en los sentidos será considerablemente más económico que un sistema que requiera instrumentos de medición. Se debe evaluar las necesidades de cada máquina y determinar de manera justificada cuál será la técnica de monitoreo ideal para el caso particular. Una vez determinado el sistema de monitoreo, los operadores y los técnicos de mantenimiento podrán ser capaz de comprender los requerimientos del equipo, lo que les permitirá evaluar las causas de falla y generar ideas para eliminar dichas causas.

3.6.4. Competencias Asociadas Al Mantenimiento Proactivo

El mantenimiento proactivo comparte características del mantenimiento autónomo. Tal como se ha observado, el mantenimiento proactivo se constituye a través de las acciones de monitoreo autónomo de las condiciones de los equipos por parte de los operadores y los técnicos de mantenimiento y las acciones de mejora por parte de estos mismos actores en búsqueda de eliminar o minimizar las causas de las fallas.

Dentro de lo que es la generación de un plan de mantenimiento dentro de una estrategia de Mantenimiento Productivo Total, se debe integrar procesos de monitoreo de condiciones para evitar la detención de los equipos por averías. Es el propio monitoreo de condiciones que cumple la primera etapa para la realización del mantenimiento de los equipos y por lo cual se espera participación de tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento. Existen diferentes técnicas de monitoreo de condiciones con grandes variaciones de dificultad de aplicación, lo cual permite generar una diferenciación entre los tipos de monitoreo que se espera que sena capaces de realizar los operadores y aquellos que deben realizar los técnicos de mantenimiento. Dado que los operadores son actores fundamentales en mantener los equipos en condiciones optimas de operación y de realizar las acciones de mantenimiento primarios, ellos cuentan con un gran conocimiento de las condiciones de operación de sus equipos. Es gracias a esto que los operadores son capaces de realizar fácilmente comparaciones entre el estado actual de operación de un equipo con el estado ideal. Esto implica una inspección de los equipos en función de los sentidos, es decir, detección de ruidos anormales, variaciones de temperaturas, aumento de vibraciones, olores inusuales, entre otros. Dentro de los procesos de mantenimiento esperados en el TPM, se requiere que los operadores sean capaces de distinguir cada una de estas anomalías y utilizar sus capacidades de realizar mantenimiento autónomo para buscar solucionar la falla en desarrollo o bien ser capaces de informar a los técnicos de mantenimiento para evitar que la falla se manifieste en una avería mayor en caso de que ellos mismos no sean capaz de subsanar el problema. Producto de la autonomía con la que cuentan los operadores y el conocimiento que adquieren sobre los equipos que estos utilizan, los operadores también son capaces de aportar en el segundo aspecto

fundamental del mantenimiento proactivo: la eliminación de fallas. La cercanía que cuentan los operadores con los equipos y sus áreas de trabajo implican un mayor conocimiento de los detalles de funcionamiento productivo. La capacidad de evaluación y análisis con la que deben contar los operadores para realizar el monitoreo de condiciones debe ser suficiente tal que estos puedan ser capaces de distinguir las causas de las averías y problemas en el equipo. Junto a esta capacidad de evaluación, los operadores deben tener la capacidad de proponer ideas y mecanismos para eliminar o modificar los componentes que producen las averías. De igual forma, deben ser capaces de identificar los elementos difíciles de reparar o realizar el mantenimiento ya sea por factores como dificultad de acceso al elemento o complejidad de manejo del elemento, y proponer cambios tales que faciliten la realización del mantenimiento y disminuyan los tiempos de detención. Para que este mecanismo funcione, los operadores deben ser capaces de comunicar eficazmente sus ideas de mejora, ser capaces de trabajar en equipo y contar con las competencias necesarias para llevar a cabo el desarrollo de sus ideas de cambio.

Es a partir de las condiciones de mantenimiento proactivo evaluados anteriormente para los operadores que se logran identificar las competencias requeridas a desarrollar para todo operador:

- Capacidad de evaluación y análisis del estado de los equipos.
- Capacidad de comunicación efectiva.
- Responsabilidad y compromiso con la empresa.
- Creatividad para generar ideas de mejora.
- Capacidad de implementar cambios productivos.
- Capacidad de participar en tomas de decisiones.
- Capacidad de trabajar en equipo.

De manera similar a las competencias esperadas por los operadores para ser capaz de complementar las acciones de mantenimiento autónomo con las acciones de mantenimiento proactivo, los técnicos de mantenimiento también deben ser capaces de desarrollar nuevas tareas que permitan asegurar las condiciones de operación de los equipos, asegurar la comodidad y seguridad laboral de los operadores y generar e implementar ideas de mejoras sobre los equipos.

Los técnicos de mantenimiento cuentan con labores de mayor complejidad que los operadores al momento de desarrollar los mantenimiento sobre los equipos y áreas de trabajo. Las acciones de los técnicos de mantenimiento van más allá de las que los operadores son capaces de realizar, ya sea en la reparación de averías mayores como en el uso de herramientas e instrumentos de mayor complejidad y especialización. Es producto de esta capacidad de realizar acciones de mantenimiento de mayor complejidad que los técnicos de mantenimiento son capaces de utilizar técnicas de mayor complejidad para la realización del monitoreo de condiciones. Deben ser capaces de realizar inspecciones a través de ensayos no destructivos y monitoreo de las condiciones dinámicas de los equipos. Esta clase de monitoreo debe ser realizado periódicamente y de manera que estos no interrumpan el funcionamiento de los equipos en los momentos que estos son requeridos. Es por esto que se espera que los técnicos de mantenimiento no solo tengan la capacidad de aplicar correctamente estas técnicas, sino que también de gestionar junto a los operadores los tiempos de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de los equipos. Esto implica la necesidad de contar con la habilidad de trabajar efectivamente en equipo y tener una comunicación eficaz. Estos elementos deben complementarse junto a las tareas de eliminación de fallas. A través de la propia comunicación con los operadores, el análisis de los componentes de los equipos al momento de realizar los mantenimiento preventivos y la reparación de averías mayores, se espera que los técnicos de mantenimiento también sean capaces de proponer ideas de mejoras para facilitar los trabajos de mantenimiento y eliminar las causas raíces de averías crónicas. Estos cambios pueden implicar incluso la necesidad de realizar un rediseño de los equipos, por lo que los técnicos de mantenimiento no solo deben contar con un extenso conocimiento de los equipos, sino que también deben contar con las habilidades necesarias para comunicar sus ideas y apoyar el trabajo de los ingenieros que deben desarrollar los cambios. De igual forma, las tareas de mantenimiento y mejora deben asegurar la seguridad laboral de los operadores frente a sus equipos y las áreas de trabajo. De esta manera se espera que los técnicos de mantenimiento sean capaces de realizar evaluaciones de riesgos e implementar soluciones para alcanzar el

objetivo de cero accidentes. Estos cambios de mejora y seguridad pueden llevar incluso a la necesidad de implementar sistemas de automatización de procesos para eliminar el riesgo sobre el trabajador.

Como se puede observar, los técnicos de mantenimiento cuentan con una gran responsabilidad en términos de las labores de mantenimiento cuando se consideran las características del mantenimiento proactivo dentro de una metodología TPM. Es a partir de esto que se espera que los técnicos de mantenimiento cuenten con las siguientes competencias:

- Capacidad de evaluación y análisis detallado de los equipos.
- Capacidad de comunicación efectiva.
- Capacidad de evaluación de seguridad operacional.
- Responsabilidad y compromiso con la empresa.
- Creatividad para generar ideas de mejora.
- Capacidad de implementar cambios de seguridad y producción.
- Capacidad de participar en tomas de decisiones.
- Capacidad de trabajar en equipo.
- Capacidad de actualizar sistemas y generar sistemas automatizados.
- Capacidad de gestionar tiempos de mantenimiento junto a los operadores.

3.7. Gestión De Mantenimiento

Al hablar del mantenimiento, se suele omitir los sistemas de gestión requeridos para desarrollar la planificación de las acciones correctivas. En los sistemas antiguos de mantenimiento, la planificación suele llevarse a cabo por los altos cargos del área de operaciones de las organizaciones, sin embargo, con la aplicación de metodologías como el Mantenimiento Productivo Total, los operadores de los equipos deben encargarse de planificar sus propios procesos de mantenimiento.

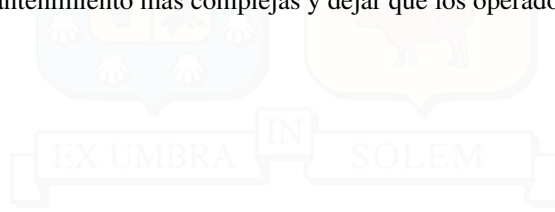
El pilar de gestión de mantenimiento para el TPM busca implementar sistemas de mantenimiento que prevengan el mantenimiento. Esto refiere a la necesidad de evitar que ocurran fallas catastróficas que obliguen la detención del equipo o que disminuyan el rendimiento general de este. Hemos apreciado que junto a la metodología TPM, el operador de los equipos se convierte en un activo fundamental de los sistemas de mantenimiento, requiriendo que estos realicen acciones de mantenimiento autónomo y mantenimiento proactivo. Producto de esto, los operadores adquieren una gran responsabilidad sobre el bien estar de sus equipos y ellos son los únicos que comprenderán completamente a sus equipos. El extenso conocimiento de los equipos por parte de los operadores permite que sean ellos sean los que contribuyan principalmente en la gestión del plan de mantenimiento.

Con la gestión de mantenimiento, se busca realizar programas de mantenimiento preventivo a partir de los conocimientos sobre la necesidad de mantenimiento adquirido a través de la propia utilización de los equipos. A su vez, con el conocimiento aportado por parte de los operadores y de los técnicos de mantenimiento, se espera poder realizar mejoras sobre el equipo analizando los riesgos de fallos, empleando cambios sobre los equipos que faciliten las tareas de mantenimiento, eliminen, minimicen o corrijan las causas de fallas, y de ser necesario realizando un proceso de rediseño de los equipos que aporte con lo mencionado anteriormente y permita incrementar el rendimiento general del equipo.

Para realizar un plan de mantenimiento correctamente gestionado, se requiere de información pertinente al funcionamiento y la operación de cada equipo. En caso de no contar con esta información, se recomienda hacer una examinación detallada del equipo, generar un plan prototipo de mantenimiento y realizar los cambios correspondientes a este una vez que se cuente con mayor información. En el caso opuesto en que se cuente con información detallada sobre equipos largamente usados, se podrán gestionar con mayor

facilidad los cambios necesarios para que el equipo se encuentre en condiciones ideales de operación, se corrijan las causas de falla y se facilite los procesos de mantenimiento. Al analizar los cambios a realizar sobre los equipos, se debe considerar la posibilidad de adquirir o diseñar un nuevo equipo que incorpore los cambios y tenga las correcciones requeridas en función de la experiencia de operación y mantenimiento del equipo anterior.

Un factor a considerar en el momento de realizar la gestión de mantenimiento es la necesidad de diferenciar claramente las tareas de mantenimiento que deben llevar a cabo los operadores y los técnicos de mantenimiento. Como ya se ha mencionado anteriormente, el incremento en las responsabilidades de mantenimiento por parte de los operadores puede provocar confusión en los técnicos de mantenimiento, pudiendo llevarlos a pensar que han sido reemplazados tras ver que los trabajos diarios que ellos realizaban antes ahora son realizados por los operadores. Es importante realizar una separación de las actividades de mantenimiento y fomentar las competencias de los técnicos de mantenimiento de forma que se encarguen de realizar las acciones de mantenimiento más complejas y dejar que los operadores realicen las acciones de mantenimiento primario.



4 | Modelo De Evaluación, Desarrollo Y Control De Competencias De Mantenimiento

Existen diferentes formas de enfocar las estrategias de una empresa, cada una con sus beneficios, ventajas, desventajas y complicaciones correspondientes y el Mantenimiento Productivo Total no es la excepción. Al hablar de cambios y mejoras en los sistemas productivos, lo primero que se suele pensar es en los cambios de los equipos y máquinas, la utilización de nuevas tecnologías, procesos productivos más avanzados y el uso de materiales de mejor rendimiento y fácil operación. Los conceptos mencionados anteriormente no son erróneos, sin embargo, existe otro elemento que es potencialmente el más importante y al cual no se le suele otorgar la importancia pertinente: el Capital Humano.

El Mantenimiento Productivo Total como estrategia empresarial, busca cambiar la filosofía y la cultura empresarial. Existen cambios importantes a realizar en todas las áreas de la organización, desde los gerentes hasta los operadores de los equipos de producción. Cada cambio realizado en cada uno de los cargos puede requerir que el empleado deba desarrollar nuevas habilidades y competencias para desarrollar dicha labor con máxima eficiencia. Se suele pensar que el desarrollo de nuevas competencias pudiese conllevar un gran incremento en la eficiencia productiva de cada trabajador, sin embargo, lo que no se suele considerar es que, si las competencias a desarrollar se encuentran mal definidas o los procesos de formación y capacitación no son los indicados, los cambios pudiesen resultar en confusiones, ineficiencia y grandes pérdidas de rendimiento de los empleados.

La definición de un modelo de desarrollo de competencias debe ser un elemento crítico para la correcta aplicación de una estrategia de mantenimiento como el TPM. Cada área de la organización requerirá de distintos modelos en función de las tareas que desarrollan y que se busca que desarrollen tras la implementación del TPM. Para el área de mantenimiento, el TPM propone un desafío particular y complejo. Con el Mantenimiento Productivo Total, se busca que todo el personal relacionado al sector productivo de la empresa se haga cargo de las tareas de mantenimiento industrial. Esto implica que el desarrollo de nuevas competencias de mantenimiento no compete solamente al equipo técnico de mantenimiento, sino que también a los operadores de los propios equipos utilizados en el proceso productivo. Esto hace sumamente importante definir y desarrollar un modelo de evaluación, desarrollo y control de competencias de mantenimiento para TPM, tal que se definan los requisitos que deben cumplir tanto los técnicos de mantenimiento como los operadores, asegurando de diferenciar correctamente las tareas, asegurar cumplir los objetivos principales del TPM y alcanzar a su vez los objetivos establecidos por la organización.

4.1. Bases Del Modelo

Los cambios al interior de las organizaciones suelen estar asociados con procesos de mejoramiento continuo. Las mejoras son el resultado de las acciones realizadas por la empresa para mantener su competitividad en el mercado, satisfacer a los clientes actuales y atraer nuevos clientes. Las organizaciones deben adoptar los procesos de mejora continuo como una parte fundamental de su cultura organizacional. La imagen que presenta la empresa al público se logra ver altamente beneficiada con la adopción de sistemas de mejora, utilización de nuevas tecnologías y procesos más amigables con el medio ambiente.

Los procesos de mejoramiento continuo son la ejecución de acciones enfocadas en mejorar los procesos de una organización, a través de la minimización de errores y pérdidas. Para realizar cambios en una empresa, se debe estar seguro de que dichos cambios a realizar son los correctos y aquellos que generaran el mayor impacto posible al rendimiento de la empresa. Se debe comprender a su vez, que se desea lograr con los cambios y que cosas deben mantenerse iguales para no alterar los sistemas y procedimientos actualmente eficientes.

Para establecer un plan coherente de mejora para cualquier sea el proceso, existen herramientas que permiten diseñar y desarrollar planes ordenados que permitan evitar errores. Una de estas herramientas es el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar & Actuar (Plan, Do, Check & Act)), el cual divide en cuatro etapas el proceso de mejora. Esta herramienta es altamente utilizada por su claridad en los pasos establecidos y por su simpleza de aplicación.



Figura 4.1: Etapas del ciclo PDCA.

Fuente: El Empirismo y el Ciclo de Deming - Camilo Rodríguez Isaza.

Existe otra herramienta para el desarrollo de proyectos de mejora conocida como el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar (Define, Measure, Analyze, Improve & Control)). El ciclo DMAIC es una herramienta ampliamente utilizada en la metodología Six Sigma, la cual es altamente reconocida por su alta calidad en el proceso de análisis de datos y eliminación de errores, permitiendo alcanzar calidades cercanas a la perfección. DIMAC es considerado como la evolución del ciclo PDCA producto de su aplicación más especializada de acciones en cada una de las etapas, permitiendo la planificación detallada y estructurada de un proceso de mejora continua.

El proceso DMAIC utiliza como base los productos o equipos ya existentes para realizar planes de mejora, es decir, esta herramienta se utiliza para realizar mejoras de procesos ya existentes a los cuales se les



Figura 4.2: Etapas del ciclo DMAIC.

Fuente: ¿Qué es DMAIC? - Bianca Minetto.

puede medir los niveles de desempeño y eficiencia.

Se pueden apreciar las siguientes características principales en cada una de las etapas del ciclo DMAIC:

Definir:

Es el primer paso de todo proceso de mejora. Se busca determinar las oportunidades de mejora de los procesos, definiendo el alcance y los objetivos principales del proceso de mejora. En esta etapa es fundamental tener un conocimiento completo del funcionamiento de la organización, para poder establecer objetivos claros y alcanzables. Muchos procesos de mejora suelen fallar a partir de esta etapa, en donde se proponen resultados irrealistas que pavimentan el camino al fracaso del proceso. Junto con esto, se debe establecer el alcance del proyecto, los recursos a utilizar y las restricciones del proyecto.

Medir:

El objetivo de este paso del ciclo es realizar un análisis del escenario actual en que se encuentra el elemento a mejorar. Se realizan análisis preferentemente cualitativos y estadísticos para poder establecer la base sobre la cual se realizarán las mejoras. Los valores obtenidos en la etapa de medición servirán como punto de comparación una vez terminado el ciclo de mejora.

Existen herramientas que permiten facilitar la comprensión de las mediciones, tales como el Mapa VSM, Identificación de desperdicios y Plan de medición.

Analizar:

Se busca identificar la causa raíz del o de los problemas identificados a mejorar. El proceso de análisis, tal como indica su nombre, busca realizar un análisis detallado de todos los procesos que pudiesen causar la falla y lograr validar la causa raíz del problema. Es importante no adelantarse en las etapas del ciclo DMAIC. Se puede tender a intentar naturalmente resolver el problema en cuestión durante el análisis, sin embargo, para lograr un proceso exitoso de mejora es sumamente importante asegurarse de solamente realizar análisis de las posibles causas de la falla y finalmente validar la causa raíz.

Para facilitar el proceso de análisis, se suelen utilizar herramientas tales como el 5 Porqués, Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa y Matriz Causa-Efecto, para ayudar a encontrar y validar la causa raíz del problema.

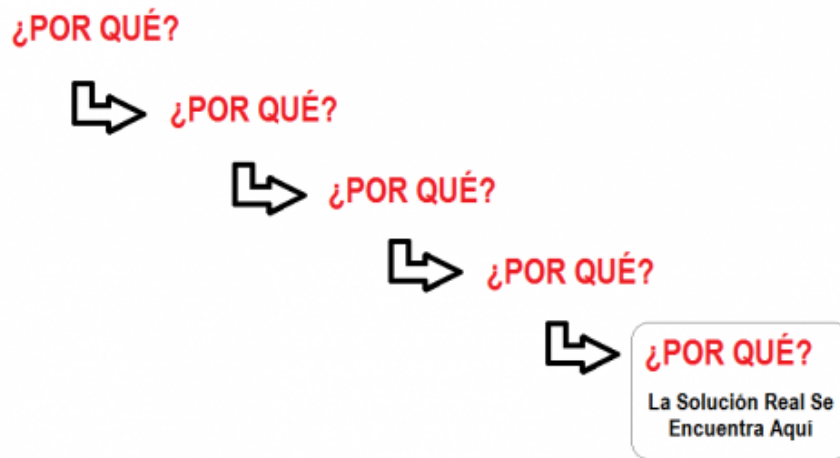


Figura 4.3: Los 5 Porqués.

Mejorar

En función de la causa raíz establecida durante el análisis, se debe identificar la solución más sencilla y efectiva para implementar como solución. Una vez planteadas todas las posibles soluciones, se debe realizar un estudio sobre la efectividad de cada una de las soluciones y comunicar los resultados a los altos cargos directivos, con lo cual se espera que se apruebe la aplicación de la solución final. No es necesario que se realicen pruebas sobre todas las soluciones propuestas. Muchas de estas soluciones pueden no llegar a ser implementadas de no ser necesarias para alcanzar los objetivos, sin embargo, estas soluciones deben quedar registradas para una posible implementación futura en etapas futuras de mejora.

El proceso de mejora implica la formulación de un plan piloto de solución, para lo cual se pueden emplear herramientas de ayuda tales como 5W+2H.

Controlar

Probablemente el elemento más importante de realizar cambios de mejora es asegurar que las mejoras se mantengan en el tiempo. Para esto se requiere el diseño de un plan de acción para el control de los procesos y equipos. El plan de control debe ser validado a lo largo del tiempo, por lo que el plan de control es un proceso continuo.

Los planes de control deben ser capaz de medir el desempeño actual de los procesos y los equipos para ser comparados en el tiempo y verificar que se hayan cumplido las metas de mejora y que los rendimientos

productivos no disminuyan en el tiempo. Para esto se suelen implementar sistemas de control de metas, checklists y sistemas de análisis estadístico de las diferentes variables que afectan el proceso.

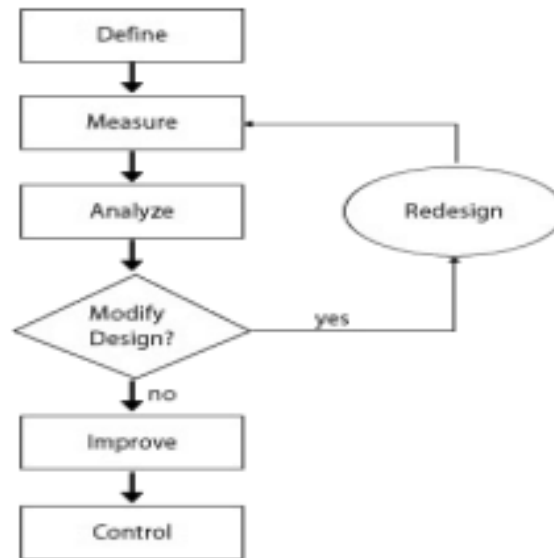


Figura 4.4: Flujo de proceso DMAIC.

Fuente: Six Sigma-Overview of DMAIC and DMADV - K Selvi, Rana Majumdar.

El proceso de mejora enfocado a través del ciclo DMAIC, es utilizado para mejorar sistemas, equipos o procesos a través del análisis de datos de funcionamiento y rendimiento. Esto implica que esta herramienta es solamente válida para implementar mejoras sobre sistemas ya existentes, sin embargo, esto no implica que no se pueda aplicar un proceso de mejora para asegurar alta calidad en la aplicación de nuevos procesos o sistemas.

El ciclo DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar, Verificar (Define, Measure, Analyze, Design & Verify)), es una herramienta de mejora utilizada para el desarrollo de productos o procesos no existentes actualmente. A diferencia del ciclo DMAIC, el ciclo DMADV se enfoca en el diseño y verificación de un nuevo proceso o producto. De igual manera, el ciclo DMADV puede ser utilizado como una mejora sobre procesos mejorados a través del ciclo DMAIC. Cuando los procesos actuales han sido mejorados a sus niveles óptimos de rendimiento y aun así no logran cumplir con los objetivos o las expectativas de los clientes, se puede desarrollar un proceso de mejora basado en el ciclo DMADV para rediseñar el proceso, el producto o el servicio, para asegurar que este si cumpla con los requerimientos.

Existe una gran similitud entre las etapas del ciclo DMAIC y DMADV. A pesar de que ambos ciclos comparten las etapas de diseño, medición y análisis, existen pequeñas diferencias que son importantes destacar.

Definir:

La primera etapa del ciclo DMADV es la etapa de definición del proyecto. Altamente similar al ciclo DMAIC, se definen e identifican las necesidades del proyecto y los requerimientos principales del cliente. Pueden utilizarse datos históricos y retroalimentación del cliente como fuentes de información para el proyecto.

Se establecen los equipos de trabajo para la implementación del proyecto. Se fijan los objetivos, metas y alcance del proyecto, además de establecer las restricciones sobre las cuales se regirá el proyecto.

Medir:

Con la información recabada de la etapa de definición, se procede a establecer las métricas para obtener datos y especificaciones técnicas de tal forma que esta información sea útil y relevante con el proyecto. Se deben identificar los aspectos críticos para asegurar la calidad del proceso, identificando los riesgos potenciales. Se realizan evaluaciones y simulaciones de las métricas establecidas para establecer su relevancia y validar su utilización en el resto del proyecto.

Analizar:

Junto con los parámetros críticos identificados en la etapa de medición y con la información recabada a partir de las mediciones y simulaciones realizadas, se procede a la realización de la etapa de análisis. Se busca generar propuestas de diseño y prototipos que permitan asegurar la calidad y asegurar el cumplimiento de los requerimientos del proyecto.

Los líderes del proyecto deben ser capaces de identificar las áreas del diseño que requieran ajuste, lo cual permitirá entregar una mejora a la calidad o al proceso de producción. Los distintos equipos de trabajo deben verificar que se cumplan los requisitos de sus áreas, preparar el proceso de diseño final y realizar cambios en la marcha a medida que estos correspondan o sean necesarios.

Diseñar:

Una vez completado el análisis, se procede a realizar el diseño de detalle del proceso, equipo o servicio sobre el cual se realiza el proyecto de mejora. Se debe comparar los resultados esperados del diseño junto a los resultados esperados por el cliente y asegurar de realizar los últimos cambios necesarios.

Se debe implementar un prototipo del diseño y realizar pruebas de manufactura o de servicio, con lo cual se podrá realizar pruebas y obtener una nueva retroalimentación por parte del cliente. La información recolectada de estas pruebas permitirá realizar los últimos cambios necesarios antes de entregar el producto final.

La etapa de diseño debe incluir un plan de control de proceso, con el cual se asegure de que no se verán afectados los niveles de calidad ni los niveles de rendimiento para el cual se diseñó el proceso, producto o servicio.

Verificar:

La última etapa de la metodología DMADV, es parte de un proceso en desarrollo continuo. Mientras el producto o servicio es entregado al público o al cliente, se obtiene más retroalimentación a partir de la experiencia de uso del cliente. A partir de esta nueva información, se pueden realizar ajustes en el proceso que permitan mejorar la eficiencia del proceso o servicio.

Al ser un proceso de mejora continua, se deben tomar en cuenta la necesidad de realizar cambios en los objetivos y las métricas del proyecto. Se debe buscar la optimización de los procesos hasta lograr cumplir con todos los requerimientos del cliente. Los procesos DMADV pueden llevar a la aplicación subsecuente de nuevos procesos DMADV sobre otras áreas que requieran cambios de forma de alcanzar los objetivos de la organización.

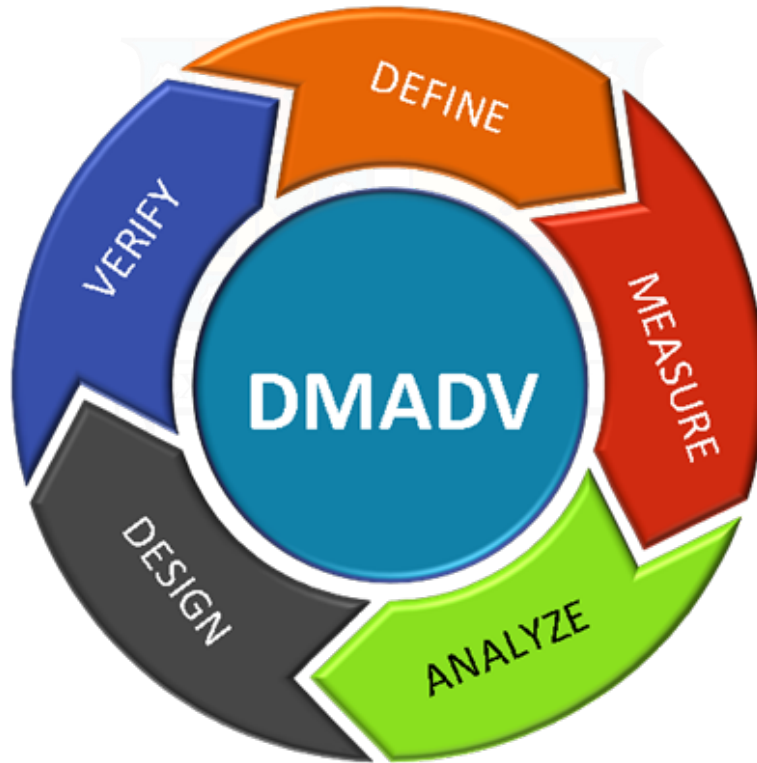


Figura 4.5: Ciclo DMADV.

Fuente: DMAIC y DMADV: ¿Cuál es la diferencia entre las metodologías Six Sigma? - Virgilio FM dos Santos.

Las metodologías DMAIC y DMADV son altamente utilizadas para los procesos Six Sigma, estrategia de mejora reconocida por permitir lograr los más altos estándares de calidad, máximos niveles de eficiencia y máxima optimización de procesos, equipos y servicios. Estos ciclos sirven como herramientas para la realización de proyectos del más alto estándar, por lo cual representan un gran punto de inicio para el desarrollo del **Modelo de Desarrollo de Competencias de Mantenimiento**.

Dentro de los pasos de los ciclos DMAIC y DMADV, se puede identificar tres claras etapas que servirán como base para el modelo: Planificación, Ejecución y Control. Todo proceso de desarrollo y cambio incluye estas tres grandes etapas, dentro de las cuales se pueden presentar Pasos de desarrollo especializado, permitiendo generar un plan de acción ordenado, coherente y detallado. Es a partir de este concepto que se han determinado las etapas necesarias para el **Modelo de Desarrollo de Competencias de Mantenimiento**, enfocado en el desarrollo de competencias necesarias para la correcta implementación del Mantenimiento Productivo Total.

Tabla 4.1: Etapas del Modelo de Desarrollo de Competencias de Mantenimiento Para TPM.

#	Etapas	Pasos	Descripción
1	Planificación	Definir	Se definen los objetivos principales y necesidades del proyecto. Se debe especificar el alcance y restricciones del proyecto.
2		Evaluar	Se realiza una evaluación de competencias de los trabajadores para establecer necesidades de mejora, formación y capacitación. Se identifican las medidas claves de desempeño.
3		Analizar	Se establecen las causas del problema. Se generan hipótesis sobre las causas de las fallas y se validan antes de establecer un programa de formación de competencias.
4	Ejecución	Formar	Se aplican programas de formación y capacitación para los operadores y técnicos de mantenimiento, en función de las necesidades establecidas en las etapas previas.
5	Control	Verificar	Se realiza una evaluación de los resultados obtenidos a partir de las métricas establecidas en la etapa de medición. Se verifica el éxito del proceso y se establecen nuevas métricas.
6		Controlar	Se genera un plan de control para asegurar que las mejoras se mantengan en el tiempo y se fomente el desarrollo de nuevas mejoras.

4.2. Paso 0: Decisión De Implementar TPM

Existen diversos motivos por lo cual una organización pudiese querer adoptar una estrategia tal como el Mantenimiento Productivo Total: cambios del mercado, disminución de costos de mantenimiento, mejorar la oferta, crear una ventaja competitiva en el mercado, entre otros. Los amplios beneficios que puede aportar el TPM a una organización, vuelven a esta estrategia una opción altamente tentadora para cualquier empresa, en especial para aquellas empresas productoras a nivel industrial, sin embargo, el TPM puede resultar no ser la estrategia que precisa la organización para mejorar.

La aplicación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total no es un proceso sencillo. Se requiere de un compromiso total de todas las áreas de la organización, en especial de los altos cargos los cuales deben estar dispuestos a aportar recursos y generar cambios importantes en el manejo de la empresa. La implementación del TPM es un proceso largo que puede tardar varios años en completarse, lo cual implica programas de capacitación, cambio de equipos, reorganización del personal, contratación de nuevo personal, creación de nuevas áreas de trabajo, entre otras, lo cual se reduce todo en la necesidad de aportar capital y realizar grandes cambios durante un largo periodo. Todos estos factores han incurrido en que la tasa de correcta implementación del Mantenimiento Productivo Total en las empresas no sea mayor al 27 %. Una gran cantidad de las empresas que comienza el proceso de doce pasos de implementación de TPM no logra completar el programa, en donde se estima que el 40 % no es capaz de financiar el proceso completo, el 20 % determina que los cambios parciales realizados son suficientes para sus necesidades y un 13 % no logra obtener los beneficios esperados, ya sea por equivocaciones en los procedimientos de aplicación del TPM o porque el TPM no le permitía a la empresa incrementar su eficiencia productiva.

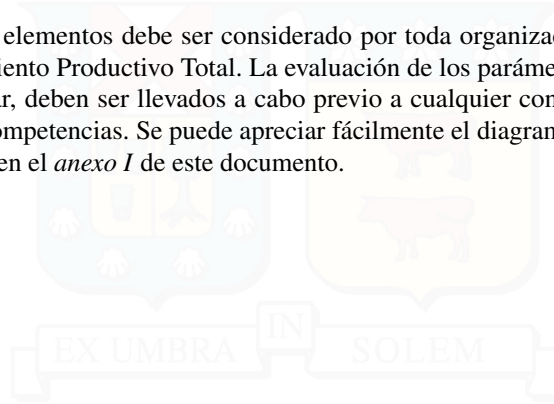
El proceso de decisión acerca de la posible implementación del Mantenimiento Productivo Total debe incluir una etapa de auto evaluación y análisis de rendimiento actual de la empresa. Por parte de rendimiento de producción y de mantenimiento, las organizaciones deben identificar tres factores importantes: el tiempo perdido por mantenimiento correctivo o reactivo, el nivel de calidad productiva y el nivel de eficiencia general de los equipos. Por parte del mantenimiento, el TPM permite reducir los tiempos de producción perdidos producto de la necesidad de realizar labores de mantenimiento correctivo. A pesar de que el TPM siempre aportara a evitar la realización de mantenimiento correctivo, una empresa en la cual el tiempo de mantenimiento correctivo corresponda a menos del 10 % total del tiempo total de mantenimiento, difícilmente será capaz de observar mejoras con respecto a la disminución del tiempo de mantenimiento correcto. Por otra parte, las empresas que cuenten con un nivel de eficiencia de los equipos superior al 85 % o que sus productos tengan un nivel de calidad total cercana a seis sigmas, tampoco serán capaz de observar mejoras en ninguna de estas áreas. Las empresas que cumplan con estos parámetros de producción y mantenimiento podrán ser consideradas de Clase Mundial, por lo que estrategias tales como el TPM pueden no resultar ser beneficiosas para la organización. De igual manera, una empresa que no cumpla incluso con uno de estos parámetros mencionados podrá verse potencialmente favorecida por la implementación de una estrategia de Mantenimiento Productivo Total.

Los programas para implementar el Mantenimiento Productivo Total no son sencillos y requieren de un alto compromiso por parte de recursos aportados por la organización y también por parte de los trabajadores. Las empresas deben ser capaz de evaluar críticamente el compromiso que pueden entregar a la aplicación de programas complejos. Es altamente recomendable considerar el éxito obtenido en la implementación de programas anteriores que a su vez involucran al personal de la empresa. El TPM no es una estrategia que se pueda aplicar fácilmente sin la experiencia previa de otro tipo de programas. A su vez, el TPM requiere de un gran compromiso por parte de la dirección de la empresa. Esto implica que deben encontrarse dispuestos a apoyar los proyectos de mejora, tener actualmente una buena relación con el resto del personal y por último contar con suficientes recursos para mejorar los equipos y desarrollar el programa completo del proyecto. Cualquiera de estos factores que no se pueda cumplir, puede conllevar un fracaso en el intento de aplicar una estrategia de Mantenimiento Productivo Total.

Un sistema de Mantenimiento Productivo Total puede resultar ser un elemento altamente atractivo para empresas que utilizan o quieren implementar sistemas Just In Time (JIT) o sistemas Lean. Los beneficios que trae el TPM tales como cero averías y cero defectos resultan ser particularmente atractivos para sistemas

JIT producto de la alta confiabilidad y eficiencia productiva. Estos sistemas se basan en la idea de disminuir costos de almacenamiento y permitir que la producción se realice solamente en los momentos que se requiere, por lo cual asegurar que los equipos se encuentren disponibles al momento de ser requeridos y que estos no presentaran fallas que afecten a los tiempos de producción o a la calidad final del producto se convierte en una prioridad estratégica para las empresas. Sin embargo, a pesar de los grandes beneficios que pueda traer el TPM a sistemas Lean o JIT, se debe de igual forma realizar una verificación de la viabilidad de implementar un modelo TPM en la empresa.

Cada uno de estos elementos debe ser considerado por toda organización al momento de decidir implementar el Mantenimiento Productivo Total. La evaluación de los parámetros importantes para tomar la decisión de implementar, deben ser llevados a cabo previo a cualquier consideración de desarrollar el modelo de desarrollo de competencias. Se puede apreciar fácilmente el diagrama de decisión en función de los parámetros explicados en el *anexo I* de este documento.



4.3. Paso 1: Definir

Una vez definida la decisión de implementar un programa de formación y desarrollo de competencias para el Mantenimiento Productivo Total, se debe comenzar la etapa de definición del ciclo. A esta altura del proceso, ya es entendido que se conoce sobre la existencia de algún problema, alguna necesidad u oportunidad de mejora, sin embargo, es necesario validar este problema y asegurar que el enfoque sea el correcto.

Una correcta definición del proyecto para abordar un problema u oportunidad de mejora debe contener la validación del problema, el alcance del proyecto, los objetivos, las limitaciones y las restricciones del proyecto. Cada uno de estos elementos es fundamental para asegurar un correcto desarrollo de las actividades de desarrollo a llevar a cabo durante el proyecto, sin embargo, lograr establecer correctamente cada uno de estos elementos puede resultar dificultoso.

Para todo proceso de cambio al interior de una organización, es importante elegir a los encargados de llevar este proceso a cabo y definir cada actor que tomará cada uno de los roles importantes para el desarrollo del proyecto. Durante la definición del proyecto, es importante realizar una evaluación para definir a los actores correctos para cada uno de los roles del equipo encargado de llevar a cabo el proceso de cambio. Posiblemente el rol de mayor importancia dentro del proceso de desarrollo de competencias es aquel del líder. Se debe elegir un líder que conozca los procesos y que tenga una buena relación con los operadores y los miembros del equipo de mantenimiento. Esto permitirá que exista una comunicación con mayor fluidez y en la cual se puedan escuchar con mayor facilidad las inquietudes de los trabajadores. A su vez, un buen líder será capaz de dirigir los procesos de cambios sin mayor resistencia y será capaz de comunicar los propósitos de los cambios a realizar de manera comprensible y de manera que los trabajadores se sientan cómodos con el proceso de cambio.

Cuando se habla de mantenimiento, se suele asumir que estos trabajos son realizados por profesionales y técnicos especializados en las labores de mantenimiento, sin embargo, con el TPM esta afirmación no es completamente acertada. Una de las principales características del Mantenimiento Productivo Total es la inclusión de los operadores de los equipos en las tareas de mantenimiento primaria. Dentro de estas tareas se requiere del desarrollo de habilidades y competencias que permitan a estos operadores realizar acciones de Mantenimiento Autónomo y de Mantenimiento Proactivo. Estas nuevas actividades tienen el potencial de generar problemas con el equipo de mantenimiento, en donde estos pueden considerar que están siendo desechados producto de la disminución de sus labores. A su vez, es altamente probable que se generen confusiones en función de que actividad debiese realizar el operador y que acciones debiese realizar el mantenedor. Esto puede provocar que existan tareas que ambos actores intenten realizar o por el contrario, acciones de mantenimiento necesarias que ninguno de los dos realice producto de la confusión. Durante el proceso de definición, es importante que se realice una separación de las actividades que se espera que realicen tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento. A partir de esta separación, se podrá definir de mejor manera las competencias necesarias a desarrollar y crear un plan que permita el desarrollo de estas competencias diferenciando para los operadores y los técnicos de mantenimiento. La separación de estas actividades deberá ser determinado por cada organización en función de sus necesidades específicas, sin embargo, se entrega un plan de diferenciación de actividades recomendadas para el personal de producción y el personal de mantenimiento.

Tabla 4.2: Reparto de actividades de mantenimiento recomendadas.

REPARTO POSIBLE DE ACTIVIDADES EN UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO CON TPM			
ACTIVIDAD	TIPO	PERSONAL PRODUCCIÓN	PERSONAL MANTENIMIENTO
Producción	Preparación	■	
	Ajustes	■	
	Operación	■	
Mantenimiento Primer Nivel	Limpieza	■	
	Engrase	■	
	Reaprietes	■	
	Inspecciones diarias	■	
Mantenimiento Preventivo de Segundo Nivel	Inspecciones y MOC		■
	Operaciones de Seguridad y Normativa		■
	Grandes Operaciones		■
Mantenimiento Correctivo	Averías reparables desde el puesto de trabajo	■	
	Averías no reparables desde el puesto de trabajo		■
Modificaciones y Mejoras	Operativas	■	■
	Automatizaciones		■
	Reflotamientos y actualizaciones		■

Fuente: Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado (4a ed.) - Francisco Javier González Fernández.

Como se observa a partir de la *tabla 4.2*, los trabajos de mantenimiento deben ser desarrollados por tanto los operadores como el personal de mantenimiento. La definición del reparto de actividades puede ser considerado como el primer paso en el proceso de definición de objetivos en termino de desarrollo de competencias. En los procesos tradicionales de mantenimiento, los operadores no realizan ninguna actividad de mantenimiento. De esta forma, al momento de evaluar el proceso de desarrollo de competencias, se deben considerar a los operadores como individuos sin conocimientos sobre elementos de mantenimiento. A pesar de las dificultades que puede implicar desarrollar competencias sin ninguna base de competencias de mantenimiento, el formular un plan de desarrollo de competencias bajo esta premisa facilita la tarea de planificar procesos de desarrollos diferencias para trabajadores nuevos y trabajadores existentes. Esto facilita la capacidad de la empresa de poder generar una rotación de personal y contratación de nuevos trabajadores en caso de necesidad.

Uno de los principales problemas con los que se puede enfrentar en la definición de los objetivos del proyecto, es la falta de comprensión del problema o la definición incorrecta de este. Es imposible definir correctamente un modelo de desarrollo de competencias sin previamente entender los problemas que se buscan solucionar o las oportunidades de mejora que se desan aprovechar. Dentro de esta etapa es fundamental que la definición de los objetivos cuente con el alcance, limitaciones y restricciones. Es de gran importancia que estas definiciones se encuentren correctamente establecidas para evitar desviar el proceso sobre elementos

no relacionados al desarrollo de competencias. De igual forma, una correcta definición favorece al desarrollo de un plan de comunicación efectivo que permita transmitir de manera eficiente y eficaz a los trabajadores los motivos y objetivos del cambio, además de también permitir escuchar las inquietudes de los trabajadores y responder las dudas con claridad.

Los cambios provistos por la implementación del Mantenimiento Productivo Total conllevan naturalmente al igual que distintos procesos de cambio disconformidad por parte de los trabajadores involucrados. Como ya se ha explicado anteriormente, los cambios asociados a la implementación del TPM trae problemas tanto internos como externos que pueden provocar disenso tanto en los operadores como el personal de mantenimiento. Dentro de lo que es una etapa de definición exitosa, se debe lograr escuchar a trabajadores involucrados en el proceso de desarrollo de competencias, con lo cual se espera poder atender sus inquietudes, aclarar los procesos a realizar y presentar respuestas coherentes para evitar las confusiones y los mal entendimientos. Es aquí precisamente donde el o los líderes elegidos para dirigir el cambio deben ser capaces de comunicarse eficientemente con los trabajadores para lograr obtener el apoyo de todos los trabajadores involucrados. Este paso es fundamental para asegurar el éxito del proceso de desarrollo de competencias. Dado que naturalmente se espera que los trabajadores presenten una resistencia al cambio, los procesos de comunicación efectivos y los liderazgos fuertes pueden ayudar a eliminar dicha resistencia, aportar confianza y permitir que los trabajadores se abran a participar en los procesos de cambio.

Nombre	Firmemente en Contra (-2)	Moderadamente en Contra (-1)	Neutral (0)	Apoya Moderadamente (+1)	Apoya Firmemente (+2)
Operadores de Equipos	X			O	
Personal de Mantenimiento		X			O
Lider(es)					X O
Encargado de Producción			X	O	
Encargado de Mantrenimiento			X	O	

Figura 4.6: Análisis de interesados.

A partir de los procesos de comunicación efectivos y las oportunidades de participación por parte de los trabajadores, se espera alcanzar una respuesta favorable por parte de todos los actores involucrados en el proceso de desarrollo de competencias de mantenimiento.

Teniendo definido los objetivos, las limitaciones, las restricciones y el plan de comunicación del proceso de desarrollo de competencias, se requiere definir las competencias de mantenimiento a desarrollar por parte de los operadores y del personal de mantenimiento. En la evaluación de los tipos de mantenimiento fundamentales para la correcta aplicación del Mantenimiento Productivo Total, se ha presentado que los procesos de mantenimiento autónomo y mantenimiento proactivo presentan la mayor utilidad para poder ejecutar efectivamente el TPM de alcanzar los tres objetivos del TPM. Es en función de estos tipos de mantenimiento que se han determinado las competencias con las que deben contar tanto los trabajadores como los técnicos de mantenimiento. Estas representan a las competencias mínimas a desarrollar para que tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento puedan realizar correctamente sus nuevas labores de mantenimiento, tal como fueron definidas en la *tabla 4.2*. En función de estas tareas, se define en la siguiente tabla las competencias a desarrollar en el modelo para los operadores y técnicos de mantenimiento:

Tabla 4.3: Competencias a desarrollar.

Competencias Operadores	Competencias Técnicos de Mantenimiento
<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación y análisis básico de los equipos - Capacidad de realizar reparación de averías básicas - Conocimiento y manejo de herramientas - Adaptación a nuevas situaciones y circunstancias - Gestión de tiempo de mantenimiento - Aprendizaje continuo y optimización de mantenimiento - Manejo de estrés - Monitoreo y evaluación de condiciones operacionales básicas - Capacidad de comunicación efectiva - Participación efectiva en tomas de decisiones - Creatividad para generar e implementar ideas de mejora - Trabajo en equipo eficiente y efectivo - Responsabilidad y compromiso con la empresa 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación y análisis detallado de los equipos - Capacidad de realizar reparaciones de averías complejas - Evaluación de labores de mantenimiento de operadores - Adaptación a nuevas situaciones y circunstancias - Gestión de tiempos y planificación de mantenimiento preventivo - Aprendizaje continuo y optimización de mantenimiento - Manejo de estrés - Monitoreo y evaluación de condiciones operacionales complejas - Capacidad de comunicación efectiva - Participación efectiva en tomas de decisiones - Creatividad para generar e implementar ideas de mejora - Trabajo en equipo eficiente y efectivo - Responsabilidad y compromiso con la empresa - Evaluar y asegurar seguridad de los operadores - Gestión de tiempos de mantenimiento junto a operadores - Capacidad de actualizar sistemas y generar sistemas automatizados

4.4. Paso 2: Evaluar

Una vez terminada la etapa de definición en donde se haya establecido los objetivos, alcance, restricciones y limitaciones del proceso, se procede a comenzar la etapa de evaluación o medición del ciclo. El objetivo principal de esta etapa es establecer de manera cuantitativa y cualitativa el punto de partida del proyecto, el cual corresponde al estado actual de los sistemas de mantenimiento de la organización y del estado actual de competencias de los operadores y técnicos de mantenimiento.

En todo proceso de medición o evaluación, es importante comenzar por la definición de métricas que permitan realizar un análisis inicial y que posteriormente permita realizar un análisis comparativo del estado final al completar el ciclo. El proceso de definición de competencias necesarias de mantenimiento a desarrollar para tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento, permiten establecer los parámetros necesarios a evaluar para poder establecer métricas. Entendiendo los requerimientos de tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento para el programa de mantenimiento bajo los conceptos de Mantenimiento Productivo Total, es posible realizar una evaluación de las capacidades actuales de los trabajadores en función de las nuevas tareas de mantenimiento requeridas.

La definición de las métricas es una tarea importante a analizar. Las empresas del sector productivo que son abarcadas por este modelo se caracterizan por contar con líneas de producción en las cuales los productos que se fabrican deben ser traspasados de un equipo a otro en un proceso semi continuo, en donde pueden existir diversos equipos para el desarrollo de un mismo proceso en paralelo. De esta forma, se entiende que el análisis de actividades y la realización de mediciones se puede realizar en varios puestos de trabajo lo cual permite a su vez una comprensión con mayor detalle de los resultados obtenidos. Para comenzar el proceso de evaluación primero es importante comprender cuales son las pérdidas observadas durante los procesos de mantenimiento. Existen una gran variedad de métricas para poder definir los desperdicios.

Tiempos de Mantenimiento

Dentro de las mediciones a realizar, se debe realizar una medición principalmente de los tiempos de reparación de los equipos. Con la implementación de una metodología TPM de mantenimiento se busca optimizar los procesos de mantenimiento con la intención de maximizar la disponibilidad de los equipos al momento que estos son requeridos. Se debe realizar una cuidadosa medición que considere el tiempo transcurrido desde el momento que el técnico de mantenimiento comience a realizar sus tareas para reparar las averías.

Tiempo de Respuesta

Junto con la implementación del Mantenimiento Productivo Total, se busca que los operadores cumplan las tareas de mantenimiento primario y sean capaces de comunicar efectivamente a los encargados de mantenimiento cuando una falla mayor se manifieste para que esta pueda ser reparada. Todas las fallas disminuyen la disponibilidad del equipo por lo cual es fundamental minimizar estos tiempos de detención no programados. Es producto de esto que se debe contar con el conocimiento de cuanto demoran los técnicos de mantenimiento en poder acudir a los equipos para reparar las averías con todos los implementos necesarios. Es por esto que esta métrica se encarga de medir el tiempo que se demora el técnico de mantenimiento en acudir al equipo desde que la avería se reporta.

Disponibilidad del Equipo

Uno de los objetivos principales del TPM es obtener una disponibilidad cercana al 100 % de los equipos. Para esto se debe contar con una programación adecuada para realizar los procedimientos de mantenimiento en los momentos que el equipo no es requerido, sin embargo, bajo los paradigmas de los sistemas de mantenimiento básicos existen grandes pérdidas de disponibilidad de los equipos. Es necesario poder determinar el porcentaje de tiempo en que el equipo no se encuentra disponible para poder ratificar al final del proceso que los nuevos procedimientos de mantenimiento incrementan la disponibilidad de los equipos.

Demoras por Pérdidas

Dentro de los procesos de mantenimiento existen diversos atrasos producto de falta de conocimientos o capacidades de los trabajadores para realizar sus tareas de forma correcta. Dentro de estas pérdidas se puede encontrar la falta de conocimiento en el uso de herramientas específicas, falta de capacidad de realizar una comunicación efectiva, incapacidad de trabajar en equipo, falta de conocimiento detallado de los equipos, entre otras. Es importante realizar un registro de todas estas pérdidas que puedan implicar demoras en los procedimientos de mantenimiento y a su vez registrar los efectos que tiene cada una de estas pérdidas en los tiempos y procedimientos de mantenimiento ya que estos no solo pueden afectar el tiempo en que se realiza el mantenimiento sino que también afectan la calidad del mantenimiento, disminuyendo la tasa de calidad de los productos salientes del equipo.

Tasa de Mantenimiento Planificado

Es importante comprender los procesos actuales de mantenimiento, su planificación y sus errores. Las técnicas modernas de mantenimiento buscan minimizar la cantidad de mantenimientos correctivos sobre los equipos pues estos implican un gran costo de mantenimiento y una gran pérdida tanto de tiempo como de disponibilidad. Es por esto que los planes de mantenimiento son tales que se busca tener la mayor cantidad de mantenimiento planificado posible sin obstruir las labores de producción. Es por esto que se debe llevar un registro de todos los procesos de mantenimiento realizados, aclarando las tareas realizadas y el tipo de mantenimiento ejecutado (correctivo o planificado).

Backlog de Mantenimiento

El backlog es un indicador que se define como la acumulación de actividades de mantenimiento pendientes o en ejecución por cada técnico de mantenimiento. Esta métrica se puede entender como el tiempo perdido producto de la acumulación de actividades de mantenimiento. Esto permite entender las capacidades de cada técnico de realizar sus labores de mantenimiento, las cuales se pueden ver afectadas por diversos factores. Es importante llevar un registro de tiempo detallado de los tiempos de backlog para poder analizar posteriormente sus causas y sus potenciales soluciones.

Como se ha mencionado anteriormente, bajo el concepto del Mantenimiento productivo Total los operadores adquieren un rol fundamental dentro de los procesos de mantenimiento. Tal como se ha definido en *latabla 4.2*, los operadores son encargados de realizar las labores de mantenimiento primario tales como el engrase y limpieza de los equipos, sin embargo, también se entiende que los operadores deben ser capaces de realizar mantenimiento sobre averías menores y realizar monitoreo de condiciones sobre el equipo para evitar que las averías se manifiesten en su totalidad y disminuyan tanto la disponibilidad como la tasa de calidad del equipo. Para lograr verificar que los operadores logren cumplir con estas nuevas tareas se debe establecer un punto de partida con el cual se podrán evaluar planes de acción y la obtención de resultados al final del proceso. Dentro de la evaluación se debe identificar a los equipos críticos del proceso y los equipos menos críticos. Estos últimos serán precisamente los candidatos ideales para la aplicación de un sistema básico de TPM como equipos piloto. Eligiendo un equipo se le deben asignar las tareas de mantenimiento autónomo

y proactivo a los operadores y establecer las actividades de mantenimiento al técnico de mantenimiento encargado del equipo. Es a partir de este equipo piloto que se podrán establecer las siguientes métricas:

Tasa de Fallas

El sistema de monitoreo de condiciones del equipo se desarrolla con la intención de evitar que las averías se transformen en fallas que provoquen la detención de los equipos. Se debe llevar un registro en el equipo piloto de la cantidad de averías no detectadas a tiempo por el operador que llegan a transformarse en una falla en el equipo. Esto permite determinar la capacidad inicial del operador de evaluar la condición operacional del equipo y la capacidad de realizar acciones preventivas para evitar que esta avería se transforme en una falla mayor.

Control de Mantenimiento Primario

El control de mantenimiento primario consiste en realizar un control sobre las tareas de mantenimiento primario realizados por el operador por parte de un observador externo. Con el fin de poder determinar la capacidad del operador para realizar sus trabajos de mantenimiento diario y su responsabilidad de realizar todas sus tareas diarias sin la necesidad de supervisión externa. Para esto un observador deberá encargarse de registrar todas las actividades de mantenimiento primario realizadas por el operador al inicio del proceso de producción y registrar todas las actividades no realizadas por el operador y las acciones realizadas erróneamente.

Tiempos de Mantenimiento Piloto

Los operadores no se encuentra habituados a la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento. Esto implica que los operadores pudiesen no contar con toda las competencias, habilidades y experiencia para realizar los trabajos de mantenimiento en el equipo producto de averías menores. Esto a su vez puede conllevar a una disminución de la disponibilidad del equipo producto de un elevado tiempo de mantenimiento. Es por esto que se debe registrar los tiempos empleados por los operadores para realizar los trabajos de mantenimiento. De igual forma, es importante evaluar las capacidades del técnico de mantenimiento de realizar las acciones complejas de mantenimiento, por lo cual de igual manera se deberá llevar un registro de los tiempos empleados por el técnico de mantenimiento para realizar el mantenimiento.

Es a partir de estas métricas que se espera recabar suficiente información para realizar un análisis detallado del mantenimiento actual y poder desarrollar exitosamente el modelo de desarrollo de competencias de mantenimiento para TPM.

4.5. Paso 3: Analizar

Tras completar el proceso de medición y teniendo en poder toda la información requerida según los planes de medición y análisis de desperdicios, se debe proceder a la etapa de análisis del ciclo. Durante el proceso de análisis se busca encontrar las causas raíz de los problemas, los cuales estarán relacionados a la falta de habilidades o competencias por parte de los operadores y técnicos de mantenimiento, para llevar a cabo sus nuevas tareas de mantenimiento.

Los procesos de desarrollo y formación de competencias deberán ser planificados en función de actividades que permitan formar y desarrollar las competencias primarias que entregarán un mayor valor al plan de mantenimiento establecido. Los planes de mantenimiento deben ser capaces de incorporar de manera paralela y organizada el proceso de formación para los operadores y los técnicos de mantenimiento. Dentro de los requisitos para desarrollar un plan de formación coherente y ordenado, se debe considerar un orden de actividades que sea coherente con el desarrollo de las competencias que aportan un mayor valor al proceso de mantenimiento. A su vez, se debe estimar el tiempo en que se espera alcanzar el desarrollo de las actividades de formación.

Al momento de analizar los resultados de las métricas obtenidas en la etapa de evaluación, se debe establecer hipótesis de los problemas que causan las pérdidas y los retrasos en los tiempos de mantenimiento. Cada una de estas hipótesis debe apuntar a causas raíces probables que expliquen cada una de estas pérdidas.

Utilizando las métricas principales del paso de evaluación, se pueden generar sistemas que faciliten al análisis y comprensión de las causas raíces de los problemas. De igual forma es importante considerar que existen problemas que generan mayores pérdidas que otros. Cabe recordar que el propósito del modelo es alcanzar los objetivos establecidos inicialmente, con lo cual puede no requerir solucionar todos los problemas observados. A través de un análisis de causas raíces se puede establecer todas aquellas causas que generan un mayor impacto sobre los objetivos que se desean alcanzar. Existen herramientas como el Diagrama de Ishikawa que puede ser utilizado para la determinación de las causas raíces y herramientas como el Diagrama de Pareto que permite establecer las causas que generan la mayor cantidad de pérdidas.

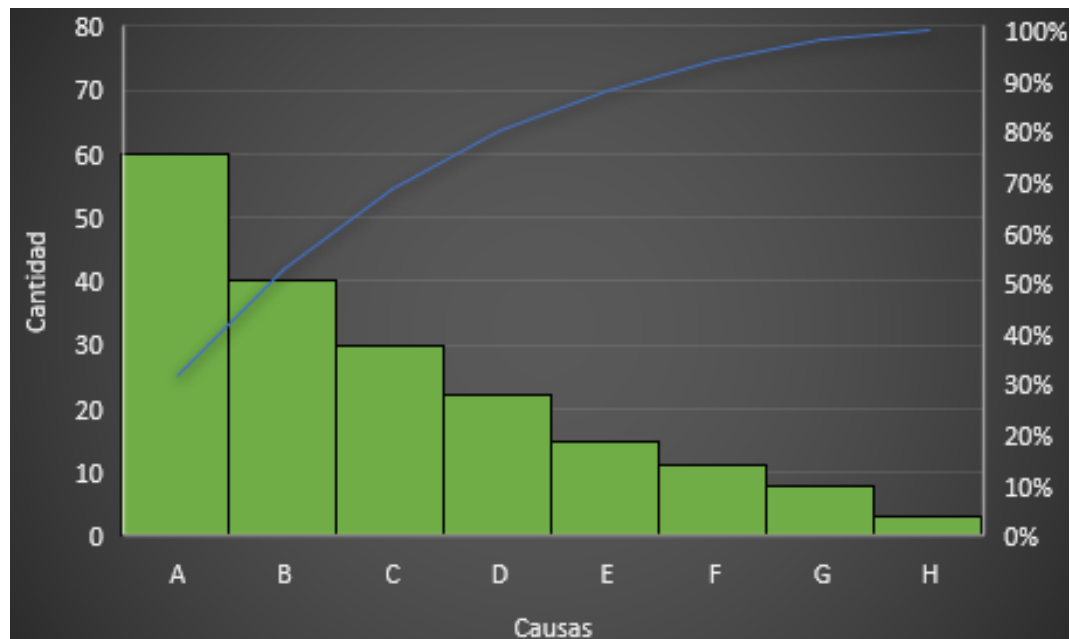


Figura 4.7: Ejemplo diagrama de Pareto.

En la etapa de analizar, utilizando la información obtenida en la etapa de evaluación se debe establecer el plan de desarrollo de competencias más adecuado para permitir solucionar todos aquellos problemas asociados a las causas raíces de mayor impacto. Se debe buscar desarrollar el menor número de acciones posibles para alcanzar el objetivo establecido. Esta estrategia resulta particularmente útil considerando la falta de competencias de mantenimiento con la que cuentan los operadores.

Competencias	Acciones							TOTAL
	Preparación	Ajustes	Limpieza	Engrase	Inspecciones Diarias	Reparación Averías Menores	Modificaciones Operativas	
Capacidad de Evaluación	2	7	1	8	10	8	5	41
Manejo de Herramientas	5	7	1	3	4	8	8	36
Responsabilidad y Compromiso	5	3	10	7	10	2	3	40
Conocimiento de Equipos y Sistemas	8	6	6	4	7	7	8	46
Capacidad de Generar e Implementar Mejoras	3	4	3	3	6	5	10	34
Capacidad de Reparar Averías	2	5	2	4	6	10	5	34

10 - Alta Relación
1 - Baja Relación

Figura 4.8: Ejemplo priorización de competencias.

Dentro del desarrollo de un plan de acción para el desarrollo de competencias, se debe considerar los procesos de capacitación para la utilización de nuevos equipos cuenten con estándares productivos de mayor calidad, eficiencia y mejor seguridad operacional. La utilización de nuevas tecnologías es un aspecto fundamental del Mantenimiento Productivo Total, por lo que el plan de desarrollo de competencias debe incorporar la capacitación de estas nuevas herramientas, equipos y tecnologías para tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento. A su vez, el plan debe tener en consideración la curva de aprendizaje de los trabajadores para planificar la duración de cada actividad de desarrollo de competencia.

Las actividades de desarrollo de los trabajadores para la formación de competencias deben enfocarse en la resolución de las causas raíces de los problemas. Cada actividad debe ser definida con un objetivo, tiempo de aplicación y limitaciones. De igual forma, se debe considerar procesos de formación que favorezcan la participación de los trabajadores y el trabajo en equipo. Los trabajadores deben ser capaces de tener un rol activo en el desarrollo de las actividades, es decir, deben ser capaces de expresar opiniones, tomar decisiones, trabajar en equipo y adoptar ideas de trabajo tanto propias como de compañeros. Es por esto que el plan de desarrollo debe ser capaz de ser adaptado en función de las ideas y recomendaciones aportadas por el propio personal.

4.6. Paso 4: Formar

Una vez terminado el proceso de preparación del modelo de desarrollo de competencias, se debe dar inicio a la etapa de ejecución del ciclo. Junto con los procesos de evaluación y análisis desarrollado en los pasos anteriores, se debe comenzar la ejecución del plan de formación y desarrollo de competencias.

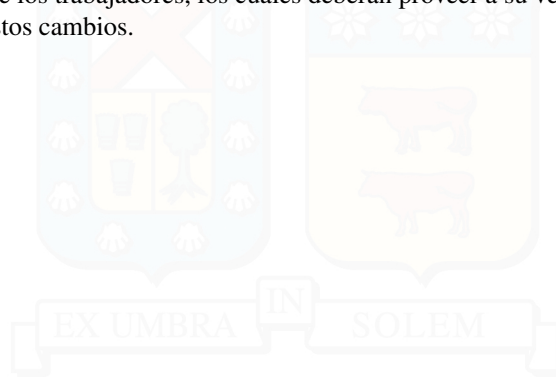
El plan establecido para la ejecución de las actividades de formación, capacitación y desarrollo de competencias debe incorporar un cronograma en el cual se establezcan los tiempos de ejecución esperado. Los procesos de formación y las actividades a realizar pueden resultar ser más complejo de lo anticipado, por lo cual se debe siempre considerar una varianza sobre los tiempos inicialmente establecidos. A pesar de esto, es importante que se conserve el orden de las acciones planificadas.

Los programas de mantenimiento tradicionales mantienen su foco de actividades en los técnicos de mantenimiento generando una desvinculación total de los operadores frente al estado de los equipos que operan. Junto con el Mantenimiento Productivo Total, los operadores adquieren una responsabilidad frente a mantener en buenas condiciones sus equipos a través de evaluaciones de funcionamiento e inspecciones diarias. Producto de la afinidad que cuentan los operadores con sus equipos, comenzar a realizar tareas de inspección y actividades de mantenimiento autónomo puede no resultar ser de mayor dificultad más allá de la posible resistencia inicial a cambiar los hábitos de trabajo. Por el contrario, la segunda clase de mantenimiento esencial que se requiere por parte de los operadores es la incorporación de sistemas de mantenimiento proactivo. Dentro de lo que se espera por parte de los trabajadores, es lograr desarrollar habilidades, confianza y la responsabilidad para generar ideas de mejora tanto sobre los equipos, área de trabajo y aspectos de seguridad.

Dentro de las actividades de formación de competencias diseñado, se debe considerar un programa de implementación de ideas de mejora. Este programa deberá preferentemente ser diferenciado en etapas que representen una progresión en la profundidad y dificultad de aplicación de las ideas de mejora. Se debe comenzar el proceso con una etapa teórica en donde se puedan entregar situaciones de trabajo hipotéticas a los trabajadores en los cuales tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento sean capaz de proponer ideas de mejora. Se deben establecer metas de mejoras, tales como cantidad definidas de ideas por situación y evaluación de dificultad de implementación de las mejoras. Se debe ayudar a que los trabajadores no se sientan menospreciados respecto a sus ideas preocupándose de realizar énfasis en el concepto de que ninguna idea es mala o errónea. Dentro de lo que se espera en esta etapa inicial es que los trabajadores sean capaces de incorporar conceptos e ideas de compañeros de trabajo para desarrollar sus propias ideas de mejora.

Una vez incorporada la mentalidad de desarrollo de ideas de mejora sobre los operadores y técnicos de mantenimiento, se puede proceder a la siguiente etapa en donde se busca incentivar el desarrollo de ideas de mejoras menores. Dentro de esta etapa del proceso, se busca que los operadores y técnicos de mantenimiento sean capaces de observar su área de trabajo, al igual que sus equipos y sean capaces de proponer e implementar mejoras que faciliten los trabajos y que ayuden a las tareas diarias de producción. Dentro de los objetivos de esta etapa se encuentran la capacidad de complementar los trabajos de mantenimiento autónomo junto a los trabajos de mantenimiento proactivo. El trabajador debe ser capaz de comunicar sus ideas e implementarlas de forma que estas tengan un resultado favorable en hacer más eficientes los procesos productivos y las actividades de mantenimiento. Dentro de esta etapa, se espera que las ideas implementadas cumplan con las características de las 5S, por lo cual estas deberán ser capaces de mantener orden, facilitar los procesos de limpieza y favorecer a la estandarización de áreas de trabajo más ordenadas.

Finalmente, se espera que los trabajadores sean capaces de adquirir cada vez una mayor responsabilidad laboral, en donde se espera que no solo genere e implemente ideas de mejoras menores y triviales, sino que este sea capaz de proponer formas de facilitar los procesos de mantenimiento, fortalecer la eficiencia productiva e incrementar la disponibilidad de los equipos. Esto se obtiene a través de la familiarización de los trabajadores con los equipos, junto con la capacidad de poder proponer cambios que mejoren los equipos en cada uno de estos aspectos. Estos cambios propuestos pueden llegar incluso a requerir que se realicen rediseños de los equipos o reestructuración del área de trabajo. Los cambios mayores deberán contar con un respaldo lógico por parte de los trabajadores, los cuales deberán proveer a su vez los resultados que esperan obtener con cada uno de estos cambios.



4.7. Paso 5: Verificar

Una vez ejecutado el plan de formación y desarrollo de competencias para mantenimiento, es necesario realizar un proceso de verificación para asegurar que se hayan o se estén cumpliendo los objetivos establecidos. Al igual que todo proceso, es fundamental validar el resultado del proyecto efectuado para analizar la necesidad de realizar cambios o modificaciones al programa para lograr alcanzar la totalidad de los objetivos.

No todos los procesos de mejora logran ser exitosos en su primer intento. A partir de las etapas de evaluación y análisis, se trabaja bajo supuestos e hipótesis establecidas las cuales pueden resultar no ser correctas o simplemente llevan a un resultado menor al esperado. Con la ejecución del plan de formación de competencias, se puede empezar a observar resultados del plan de formación propuesto. A partir de este punto, es necesario realizar las mediciones de resultado en función de las mismas métricas utilizadas en la etapa de evaluación para poder desarrollar una comparación del estado actual con el estado inicial.

A partir de las métricas establecidas en la etapa de evaluación, se deben realizar nuevas mediciones que incorporen las mismas variables anteriores. Se debe utilizar la base del plan de medición establecido en la etapa de evaluación para mantener un sistema congruente que permita realizar una comparación representativa. De igual forma, se debe observar los procesos de producción y mantenimiento realizados en el equipo o equipos piloto y realizar una identificación y cuantificación de los desperdicios. Dentro de los desperdicios atribuible a los trabajadores, se podrán observar dos clases de desperdicios distintivos: los que se repiten del estado inicial y los nuevos. Es importante que cada uno de los desperdicios observados sean nuevamente analizados. Los desperdicios repetidos son una indicación de un fallo tanto en la etapa de análisis como en la etapa de formación. Es posible que se hayan analizado las causas equivocadas de estas pérdidas o que se haya seleccionado las actividades de formación incorrectas o insuficientes para lograr desarrollar las competencias necesarias. Por otra parte, los desperdicios nuevos pueden ser resultado de los cambios en los procesos de mantenimiento y las nuevas tareas y acciones que desarrollan tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento. Es altamente recomendado volver a realizar un análisis de estas pérdidas para determinar acciones correctivas al proceso de formación de ser necesario.

Es importante recordar que las pérdidas y sus causas se pueden minimizar, pero muy difícilmente eliminar en su totalidad. Será responsabilidad de los líderes y jefes del proyecto analizar cuáles de estas pérdidas sigue generando un gran impacto en la eficiencia de los procesos de mantenimiento para así ser corregidas.

Todo cambio realizado durante la etapa de validación sobre el plan de formación de competencias deberá ser evaluado de manera que este no afecte las actividades de formación que han permitido el correcto desarrollo de las competencias.

Existen elementos fuera de los procesos de mantenimiento que también deben ser evaluados para determinar si el plan de formación de competencias es efectivo. Los principales actores de este proceso son los propios operadores y técnicos de mantenimiento. Son a estos actores los que se les debe entregar un espacio para realizar una retroalimentación con respecto a los trabajos y actividades realizadas. Como ya ha sido mencionado anteriormente, los trabajadores adquieren un mayor grado de responsabilidad con la implementación del Mantenimiento Productivo Total, lo cual también puede provocar problemas de estrés por la presión adicional y por los grandes cambios a sus labores diarias y área de trabajo. Los trabajadores deben contar con una alta moral y ser capaces de presentar interés y motivación por trabajar en la organización. Para esto, las nuevas condiciones laborales deben ser evaluadas por tanto los trabajadores como los líderes del proyecto. De esta forma, se puede lograr verificar que los cambios realizados serán capaces de mantenerse a futuro con resultados positivos.

4.8. Paso 6: Controlar

Junto con la conclusión del paso de validación del programa de desarrollo de competencias, se da comienzo a la etapa final del ciclo. Al igual que todo sistema y proceso, las mejoras implementadas sobre cualquier área de una organización, ya sea en términos administrativos o productivos, se encuentra expuesta a un deterioro el cual generará una disminución de la eficiencia. Un sistema de control es siempre requerido para asegurar que este deterioro no ocurra e incluso se puedan generar nuevas mejoras. La etapa de control es fácilmente el paso más olvidado en todo proceso de mejora. A pesar de ser este el último paso de todo ciclo de mejora, desarrollar un sistema de control es quizás la tarea más importante de todo el ciclo.

El desarrollo de un plan de control es la base para asegurar que los nuevos estándares alcanzados producto de las mejoras sean capaces de mantenerse en el tiempo. En el caso de un plan de desarrollo de competencias, se entiende que el elemento a controlar son los trabajadores, específicamente los operadores y los técnicos de mantenimiento. Al tratarse de seres humanos, es natural considerar que factores como el ánimo, la motivación y el compromiso con la organización pueden ser elementos que afecten directamente la eficiencia y efectividad de los trabajos realizados por estos. De igual manera, una vez que los procesos repetitivos se vuelvan cada vez más sencillos de realizar, en especial aquellos involucrados en las tareas de inspección diaria de los equipos, ocurre un relajamiento respecto a la rigurosidad en la realización de las tareas. Esto es la consecuencia de habilidades o competencias que pueden estar perdiendo importancia para el trabajador, con lo cual es importante mantener un refuerzo externo y sistemas de control internos para cada uno de los trabajadores.

Producto de las complicaciones que pudiesen aparecer con el tiempo, el plan de control debe incorporar dos elementos fundamentales: el control de métricas y la voz de los trabajadores. Comenzando por la voz de los trabajadores, dentro del plan de desarrollo de competencias se busca que tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento sean capaces de generar, presentar y desarrollar ideas de mejora para sus equipos y área de trabajo. El plan de control debe contener un sistema que asegure que las propuestas y requerimientos de los trabajadores sean escuchadas no solo en relación a los procesos de mantenimiento y producción, sino que también para elementos que mejoren el ambiente laboral y aseguren mantener alta la moral de los trabajadores. Como parte del proceso de control, se deben realizar evaluaciones respecto a las ideas y sugerencias propuestas por los trabajadores en la cual los propios trabajadores deben formar parte activa en el proceso de análisis e implementación de soluciones. Es poco probable que todas las propuestas e inquietudes puedan ser atendidas, por lo que la incorporación de los trabajadores en el proceso de toma de decisión favorece la atención de las propuestas que puedan generar un mayor impacto positivo en las condiciones laborales.

El plan de control debe a su vez llevar un control de las métricas de rendimiento y evaluación de competencias. Es a partir de las propias métricas establecidas en la etapa de evaluación que se debe mantener un control constante para asegurar que los parámetros de cada una de estas métricas se mantenga constante o mejore. Esto permite asegurar que los resultados de los objetivos establecidos inicialmente se mantengan en el tiempo e incluso se puedan generar ganancias futuras respecto a dicho objetivo. De esta forma, el control de métricas permite establecer la base de los resultados del proceso dando paso a la oportunidad de mejorar sobre este y alcanzar nuevos objetivos con mayor ambición.

Se espera poder asegurar que las competencias adquiridas o desarrolladas por los operadores y técnicos de mantenimiento sean capaces de mantenerse en el tiempo y aún más, potenciarse más allá de los objetivos iniciales establecidos. El proceso de control debe mantenerse en desarrollo de forma constante por lo que es una etapa sin fin. Con el desarrollo de esta etapa, se espera que se puedan optimizar los procesos de medición y control de métricas de forma de incrementar la eficiencia y eficacia del plan de control. A su vez, se debe asegurar que estos procesos de medición sean tal que aseguren evaluar de forma efectiva las competencias de los trabajadores sin entrar a realizar comparativas entre cada trabajador. Este último aspecto es fundamental pues al tratarse de trabajos con seres humanos, los procesos de comparación resultan en efectos adversos sobre la motivación de los trabajadores y por ende puede resultarse afectado el compromiso y la responsabilidad con la empresa especialmente en los trabajadores de menor experiencia o en los que recién se incorporan a este nuevo proceso.

4.9. Herramientas Para La Implementación Del Modelo

El modelo de desarrollo de competencias se ha desarrollado en función de procesos y procedimientos existentes tales como aquellos establecidos con el ciclo DMAIC y el ciclo DMADV. En estos modelos existen diferentes herramientas que han sido seleccionadas para facilitar el desarrollo de cada paso del modelo. Bajo los cambios y adaptaciones establecidas para generar el nuevo modelo de desarrollo de competencias de mantenimiento para TPM, se han establecido las siguientes tareas y herramientas a desarrollar en cada una de las etapas del proceso para permitir la correcta implementación del modelo:

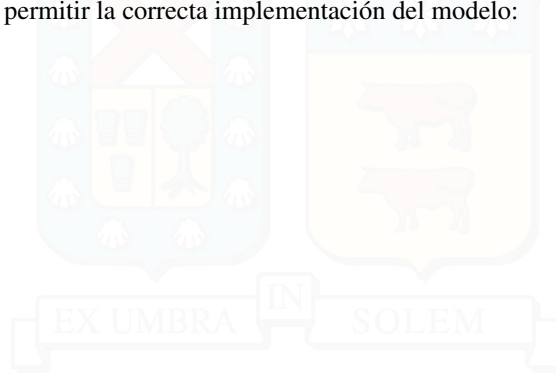


Tabla 4.4: Herramientas por etapa para el desarrollo del modelo.

#	Pasos	Herramienta	Descripción
1	Definir	Reparto de Actividades	Se realiza una separación de las nuevas actividades de mantenimiento a realizar por parte de los operadores y de los técnicos de mantenimiento para el TPM.
		Análisis de Interesados	Se busca demostrar la postura frente al cambio de cada una de las grandes partes interesadas en el proceso y llevarla al nivel esperado de interés.
		La Voz del Cliente	Se incorpora las opiniones, requerimientos y expectativas de los involucrados o 'clientes' del proceso y se busca procesos para responder a dichos requerimientos.
		Plan de Comunicación	Se establece un plan de comunicación del proceso de cambio que permita asegurar una comprensión clara de las acciones del cambio, enfocándose en las posibles resistencias, las acciones necesarias a tomar y el mensaje clave a transmitir para generar una comunicación efectiva.
2	Evaluar	VSM	Se busca establecer los procesos actuales y las pérdidas actuales entre procesos
		Análisis de Desperdicios	Se debe establecer los desperdicios en los procesos de mantenimiento y cuantificar las pérdidas producidas por estos.
		Plan de Medición	Se debe establecer un plan para realizar las mediciones de las métricas establecidas en el modelo, en donde se distingan los encargados, la forma de realizar la medición, el tipo de datos a medir y el tamaño de la muestra.
3	Analizar	Diagrama de Ishikawa	Se busca asociar las pérdidas encontradas en la etapa de evaluación con alguna de las competencias a desarrollar o fortalecer por parte de los trabajadores.
		Diagrama de Pareto	Se busca determinar las fallas o pérdidas que producen el mayor impacto en los procesos.
		Diagrama ¿Por qué? ¿Por qué?	Con esta herramienta se busca lograr establecer las causas raíces relacionadas a los problemas o pérdidas principales.
4	Formar	Listado de Ideas	Se realiza un listado que contenga todas las ideas de mejoras y cambios posibles a evaluar en el proceso de cambio.
		Matriz de criterio Absoluto	Se busca establecer la viabilidad de las mejoras propuestas y determinar cuales ideas tienen el mayor potencial de éxito.
		Matriz de Evaluación de Riesgo	Se establece una matriz que represente gráficamente los beneficios de las ideas presentadas en la Matriz de Criterio Absoluto.
5	Verificar	Análisis de Desperdicios Actualizado	Se vuelve a realizar un análisis de desperdicio en donde se observen los desperdicios aún existentes en el proceso y los nuevos desperdicios creados a partir del cambio.
6	Controlar	Propuestas de Los Trabajadores	Se espera establecer nuevas propuestas de mejoras en función de la voz de los trabajadores para analizar factibilidad y evaluar resultados de los cambios.
		Plan de Control de Métricas	Se genera un plan para mantener un sistema de medición de las métricas establecidas en la etapa de evaluación, para así asegurar que los beneficios resultantes de los cambios se mantenga en el tiempo.

5 | Conclusión

El mantenimiento de activos físicos en las organizaciones se basa en las competencias de los propios trabajadores que desarrollan las acciones de mantenimiento. Al considerar una estrategia de Mantenimiento Productivo Total, el valor agregado sobre las acciones de mantenimiento es otorgado por parte de los operadores de los equipos y los propios técnicos de mantenimiento. Estas acciones que deben cumplir cada una de las partes durante las labores de mantenimiento, responden directamente a las necesidades que se generan para cumplir los objetivos del TPM.

En la historia del mantenimiento, se han desarrollado diferentes metodologías para mejorar la eficiencia y eficacia productiva de los equipos, máquinas y herramientas. Partiendo del mantenimiento correctivo hasta alcanzar un sistema de Mantenimiento Productivo Total, las mejoras en los sistemas y estrategias han ido siempre relacionadas en los cambios tecnológicos y en el desarrollo del capital humano. Cada uno de estos aspectos debe desarrollarse de tal forma que se genere una sinergia entre el capital humano y los equipos. Son las empresas y organizaciones las que se deben encargar de lograr esta sinergia para alcanzar sistemas y estrategias del más alto estándar industrial como lo es el TPM.

Dentro de este documento, se ha buscado identificar las competencias necesarias que deben tener los trabajadores para lograr implementar correctamente una estrategia de Mantenimiento Productivo Total. Durante la investigación se han comparado las recomendaciones del JIPM (Japanese Institute of Plant Maintenance), recomendaciones de expertos en aplicación del TPM, además de los resultados obtenidos por las empresas que han tenido éxito y las que han fracasado en el proceso de implementación de TPM. Utilizando la información, se han logrado identificar los diferentes elementos relacionados con las competencias requeridas por los trabajadores para realizar correctamente las labores de mantenimiento y alcanzar los objetivos del TPM. Este análisis incorpora no solamente la identificación de competencias y el desarrollo de un modelo de formación de competencias, sino que también incorpora los requisitos que deben cumplir las empresas y organizaciones para superar los problemas de implementación y asegurar que estas cumplan con los requisitos para llevar a cabo el proceso de formación de competencias.

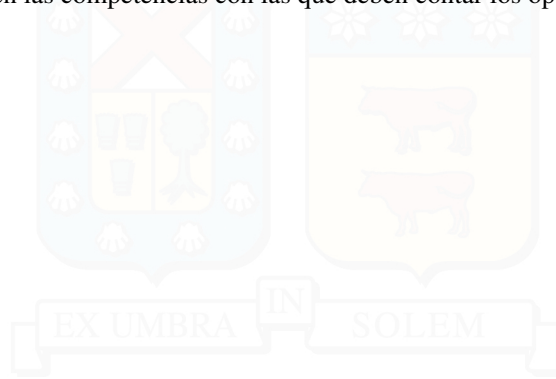
El JIPM ha desarrollado procedimientos que permiten a las empresas implementar el Mantenimiento Productivo Total como estrategia y cultura organizacional. El procedimiento de implementación que cuenta con doce etapas permite abarcar todas las acciones necesarias paso a paso para que las empresas apliquen correctamente el TPM, sin embargo, en la realidad se observa que la mayor parte de las empresas que intentan implementar TPM fallan. Solamente un 27 % de las empresas que comienzan el proceso de implementación logran finalizarlo y alcanzar los niveles de calidad y eficiencia necesarios para considerar exitoso el proceso. Dentro de los problemas que enfrentan las empresas que no logran alcanzar sus objetivos con el TPM se encuentra aquellos relacionados al personal de la organización, en donde se han encontrado que estos problemas se subdividen en problemas internos y externos para la aplicación de TPM. Muchos de estos problemas pueden ser atribuidos a condiciones asociadas a las competencias de los trabajadores, desde resistencia al cambio producto de falta de compromiso y habilidad de participación, hasta deficiencias para la planificación de los procesos de mantenimiento, sistemas de control y sistemas de formación. Para cada uno de estos problemas, se han entregado técnicas y herramientas para lograr subsanar y evitar la creación de estos problemas al momento de decidir implementar TPM y consecuentemente generar un plan de mantenimiento el cual permita incrementar la eficiencia y eficacia tanto de mantenimiento como de producción, y que los trabajadores tengan la habilidad de llevar a cabo.

La implementación de una estrategia de Mantenimiento Productivo Total puede corresponder a una de las tareas más difíciles a las que se puede encontrar enfrentado una empresa u organización. Por lo tanto, tomar la decisión de implementar TPM no es un trabajo sencillo ni que se pueda abordar sin un gran compromiso. Analizando las recomendaciones de los expertos en TPM y observando los procesos de las compañías que fracasaron durante los procesos de aplicación de TPM, se ha podido observar que existen diversos requisitos que deben cumplir las empresas para asegurar que al momento de implementar TPM los resultados sean exitosos. Dentro de este documento, se ha realizado un análisis detallado en el cual se explica los procesos de decisión que deben contar las empresas para asegurar un resultado exitoso. Partiendo por el *anexo I*, las empresas deben considerar la necesidad de implementar TPM en función de los indicadores de rendimiento, calidad y disponibilidad de los equipos. De igual forma, al considerar el factor humano y los elementos que conlleva el desarrollo de un proceso de formación de competencias, las empresas deben tener en consideración factores tales como las relaciones entre los trabajadores, relaciones de trabajadores con gerencia, el éxito de proyectos anteriores que involucren al personal y la cantidad de recursos con los que cuentan para la formación y capacitación de trabajadores, además de las mejoras de los equipos. Estos son algunos de los elementos claves con los que deben contar cada una de las organizaciones al momento de buscar implementar TPM y formar competencias de mantenimiento en sus trabajadores y los cuales se han mostrado con deficiencias en las empresas que han fracasado en el proceso de implementación del TPM.

Una vez comprendido los requisitos y necesidades que deben cumplir las empresas, además de analizados los potenciales problemas con los cuales estas se pudiesen ver enfrentados, se identificaron las competencias técnicas de mantenimiento relacionadas con los objetivos del TPM. Observando los procesos de mantenimiento esperados con una estrategia de TPM, se identificó que los procesos de mantenimiento se deben dividir en las tareas desarrolladas por los operadores y las tareas desarrolladas por los técnicos de mantenimiento. Por parte de los técnicos de mantenimiento, las competencias requeridas se encuentran en función del desarrollo de actividades de mantenimiento de averías complejas, organización del mantenimiento y capacidad de actualizar sistemas a sistemas automatizados. De esta forma los técnicos de mantenimiento deben mantener un enfoque en realizar procesos complejos de mantenimiento y desarrollar mejoras. A partir de esto, se han propuesto las siguientes competencias con las que deben contar los técnicos de mantenimiento:

- Evaluación y análisis detallado de los equipos.
- Capacidad de realizar reparaciones de averías complejas.
- Evaluación de labores de mantenimiento de operadores.
- Adaptación a nuevas situaciones y circunstancias.
- Gestión de tiempos y planificación de mantenimiento preventivo.
- Aprendizaje continuo y optimización de mantenimiento.
- Manejo de estrés.
- Monitoreo y evaluación de condiciones operacionales complejas.
- Capacidad de comunicación efectiva.
- Participación efectiva en tomas de decisiones.
- Creatividad para generar e implementar ideas de mejora.
- Trabajo en equipo eficiente y efectivo.
- Responsabilidad y compromiso con la empresa.
- Evaluar y asegurar seguridad de los operadores.
- Gestión de tiempos de mantenimiento junto a operadores.
- Capacidad de actualizar sistemas y generar sistemas automatizados.

La particularidad que presentan los sistemas de Mantenimiento Productivo Total es la necesidad de que los operadores realicen labores de mantenimiento primario. Analizando los trabajos que deben realizar los operadores, se han identificado que los puntos claves para estos trabajadores son el desarrollo de labores de mantenimiento autónomo y mantenimiento proactivo. Con la incorporación del TPM, se espera que los operadores sean capaces de realizar tareas de inspección diaria y mantenimiento básico, además de ser capaces de proponer, generar y desarrollar ideas de mejoras para el área de trabajo y los equipos con el fin de eliminar las fuentes de las averías y facilitar las tareas de mantenimiento. Es a partir de estos puntos que se identifican y se proponen las competencias con las que deben contar los operadores para realizar TPM:



- Evaluación y análisis básicos de los equipos.
- Capacidad de realizar reparación de averías menores.
- Conocimiento y manejo de herramientas.
- Gestión de tiempo de mantenimiento.
- Aprendizaje continuo y optimización de mantenimiento.
- Manejo de estrés.
- Monitoreo y evaluación de condiciones operacionales básicas.
- Capacidad de comunicación efectiva.
- Participación efectiva en tomas de decisiones.
- Creatividad para generar e implementar ideas de mejora.
- Trabajo en equipo eficiente y efectivo.
- Responsabilidad y compromiso con la empresa.

Junto con la proposición de estas competencias tanto para los operadores como para los técnicos de mantenimiento, se identificó la necesidad de que cada empresa u organización que decida implementar TPM desarrolle un análisis de los objetivos que desea alcanzar con el TPM y evalúe su estado actual, dado que los distintos objetivos y requisitos de cada empresa pueden significar la necesidad de desarrollar más, menos o distintas competencias para tanto los operadores como los técnicos de mantenimiento. Es a partir de esta necesidad de analizar la situación de cada empresa en particular que se ha desarrollado un modelo para la formación de competencias de los trabajadores. Este modelo ha sido diseñado en base a los ciclos DMAIC y DMADV y cuenta con seis etapas en las cuales se recomiendan procedimientos y herramientas a utilizar para realizar los análisis de estado actual de la empresa y desarrollar un programa de formación de competencias. Este ciclo cuenta con las siguientes etapas:

- Definir.
- Evaluar.
- Analizar.
- Formar.
- Verificar.
- Controlar.

Con este modelo se ha logrado generar una base para que las empresas desarrollen la formación de competencias requeridas para la correcta aplicación de procedimientos de mantenimiento para los operadores y técnicos de mantenimiento tal que se aplique exitosamente el TPM.

Utilizando todos estos procesos, se ha logrado generar una propuesta de competencias de mantenimiento para la implementación del Mantenimiento Productivo Total, tomando en consideración los requerimientos de las empresas, los análisis de empresas que han tenido éxito y las que han fracasado en la implementación del TPM, las recomendaciones de expertos en TPM y las recomendaciones del JIPM, con lo cual a su vez se ha podido desarrollar un modelo para la formación de competencias técnicas de mantenimiento en los trabajadores.

Bibliografía

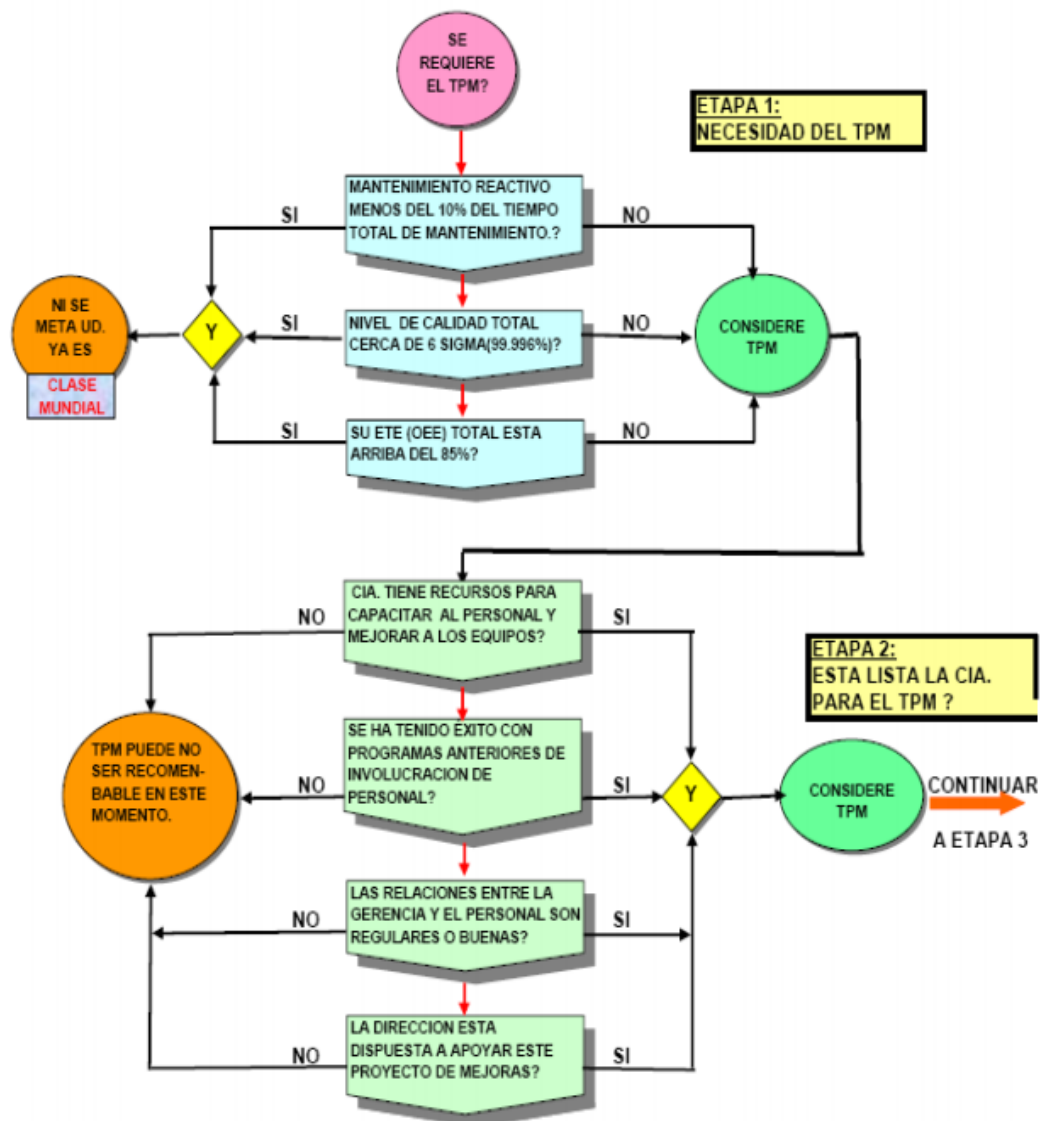
- Ahuja, IPS y Khamba, JS (2008). Strategies and success factors for overcoming challenges in tpm implementation in indian manufacturing industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Altmann, Carolina (2008). Las técnicas de monitoreo de condición, como herramienta del mantenimiento proactivo. Available: Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com>.
- Alzate López, Juan David; Aristizábal Pérez, Sebastián; et al. (2020). *Desafíos e implicaciones en la implantación de la metodología TPM: percepción de un grupo de colaboradores en una organización manufacturera*. PhD thesis, Universidad EAFIT.
- Amendola, Luis y Depool, Tibaire (2005). Modelo de confiabilidad humana en la gestión de activos. In *VII Congreso de Confiabilidad, Asociación Española de la Calidad, Madrid. España*. 3.1
- Campos-López, Omar; Tolentino-Eslava, Guilibaldo; Toledo-Velázquez, Miguel; y Tolentino-Eslava, René (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (rcm) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(1), 51–59.
- Clemente Lázaro, José (2013). Proyecto fiabilidad: una metodología basada en tpm/wcm para acelerar la mejora en fiabilidad.
- Cooke, Fang Lee (2000). Implementing tpm in plant maintenance: some organisational barriers. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Cronemyr, Peter (2007). Dmaic and dmadv-differences, similarities and synergies. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 3(3), 193–209.
- Depestre, Luís Orlando Linares (2012). Del mantenimiento correctivo al mantenimiento centrado en la confiabilidad. *Revista Centro Azúcar*, 39(3).
- Duque Ocampo, Diana Marcela y Echeverri Ángel, Juliana (2019). Propuesta de un sistema de mantenimiento autónomo como pilar fundamental del mantenimiento total productivo para el área de recurtición de la empresa americana de curtidos ltda y cia sca.
- Espinosa, Luisa; Rebolledo, Argenis; Irausquín, Ignacio; y Quiroga, Alfonso (2012). Estudio de la confiabilidad humana en el mantenimiento aeronáutico. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 35(3), 270–278.
- Fernández, Francisco Javier González (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. FC editorial.
- Fernández Álvarez, Edgar et al. (2018). Gestión de mantenimiento. lean maintenance y tpm.
- Fernández Negueruela, Maximiliano y Rumi, Federico (2014). *Implementación de la filosofía TPM (Total Productive Maintenance) en una empresa local*. PhD thesis, Universidad Argentina de la Empresa.
- GANCEDO, ALMUDENA ESCUDERO (2007). Implantación de la filosofía tpm en una planta de producción y envasado. *Proyecto de fin de carrera. Madrir: UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS*.

- García Palencia, Oliverio (2013). Confiabilidad humana clave de la sostenibilidad industrial. *Mantenimiento en Latinoamérica*, 5(6), 8–10.
- Inquillay Alegre, Pascual Johnny (2016). Aplicación del tpm para mejorar la productividad del personal técnico del área de facility management de una empresa de administración de inmuebles, san isidro, 2016.
- JA1011, SAE (1999). Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (rcm) processes. *Society for Automotive Engineers*.
- Jain, Abhishek; Bhatti, Rajbir; y Singh, Harwinder (2014). Total productive maintenance (tpm) implementation practice: a literature review and directions. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Jain, Abhishek; Singh, Harwinder; y Bhatti, Rajbir S (2018). Identification of key enablers for total productive maintenance (tpm) implementation in indian smes. *Benchmarking: An International Journal*.
- Johnson, JA; Gitlow, H; Widener, Scott; y Popovich, E (2006). Designing new housing at the university of miami: a “six sigma” dmadv/dfss case study. *Quality Engineering*, 18(3), 299–323.
- Leitón-Moya, Omar (2015). Diseño de un plan de mantenimiento productivo total (tpm) enfocado en el mantenimiento preventivo, mantenimiento autónomo y la eficiencia general de equipos (oeo) para los equipos más críticos de la planta fas.
- López Arias, Ernesto Andrés (2009). El mantenimiento productivo total tpm y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación.
- Marin-Garcia, Juan A y Martínez, Rafael Mateo (2013). Barriers and facilitators of the tpm implementation. *Intangible Capital*, 9(3), 823–853.
- Marín-García, Juan Antonio y Mateo Martínez, Rafael (2013). Barreras y facilitadores de la implantación del tpm. *Intangible capital*, 9(3), 823–853.
- Minetto, Bianca (2019). ¿qué es dmaic? Available: Disponible en: <https://blogdelacalidad.com/que-es-dmaic/>.
- Montoya, Diana Lorena Cardona (2015). Estudio de casos de implementación exitosa de tpm en industrias ubicadas en el eje cafetero y norte del cauca – colombia.
- Narro Castillo, Jorge Luis y Valverde Sanchez, Roberto Carlos (2019). Mantenimiento productivo total (tpm) enfocado en el mantenimiento preventivo, mantenimiento autónomo y la eficiencia general (oeo) para los equipos más críticos en una empresa agroindustrial.
- Ocegueda, A (2003). Mantenimiento productivo total: El enlace perdido entre la confiabilidad de sistemas.
- Rodrigues, Marcelo y Hatakeyama, Kazuo (2006). Analysis of the fall of tpm in companies. *Journal of Materials Processing Technology*, 179(1-3), 276–279.
- Sacristán, Francisco Rey (2002). *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. FC Editorial.
- Selvi, K y Majumdar, Rana (2014). Six sigma-overview of dmaic and dmadv. *International Journal of Innovative Science and Modern Engineering*, 2(5), 16–19.
- Singh, Ranteshwar; Gohil, Ashish M; Shah, Dhaval B; y Desai, Sanjay (2013). Total productive maintenance (tpm) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51, 592–599.
- Suzuki, Tokutaro (2017). *TPM en industrias de proceso*. Routledge.
- Valdez García, Jorge Emilio (2017). Implementacion del mantenimiento autonomo para aumentar la disponibilidad de equipos trackless en uchucchacua.
- Willmott, Peter y McCarthy, Dennis (2001). *TPM-: A Route to World Class Performance*. Newnes.

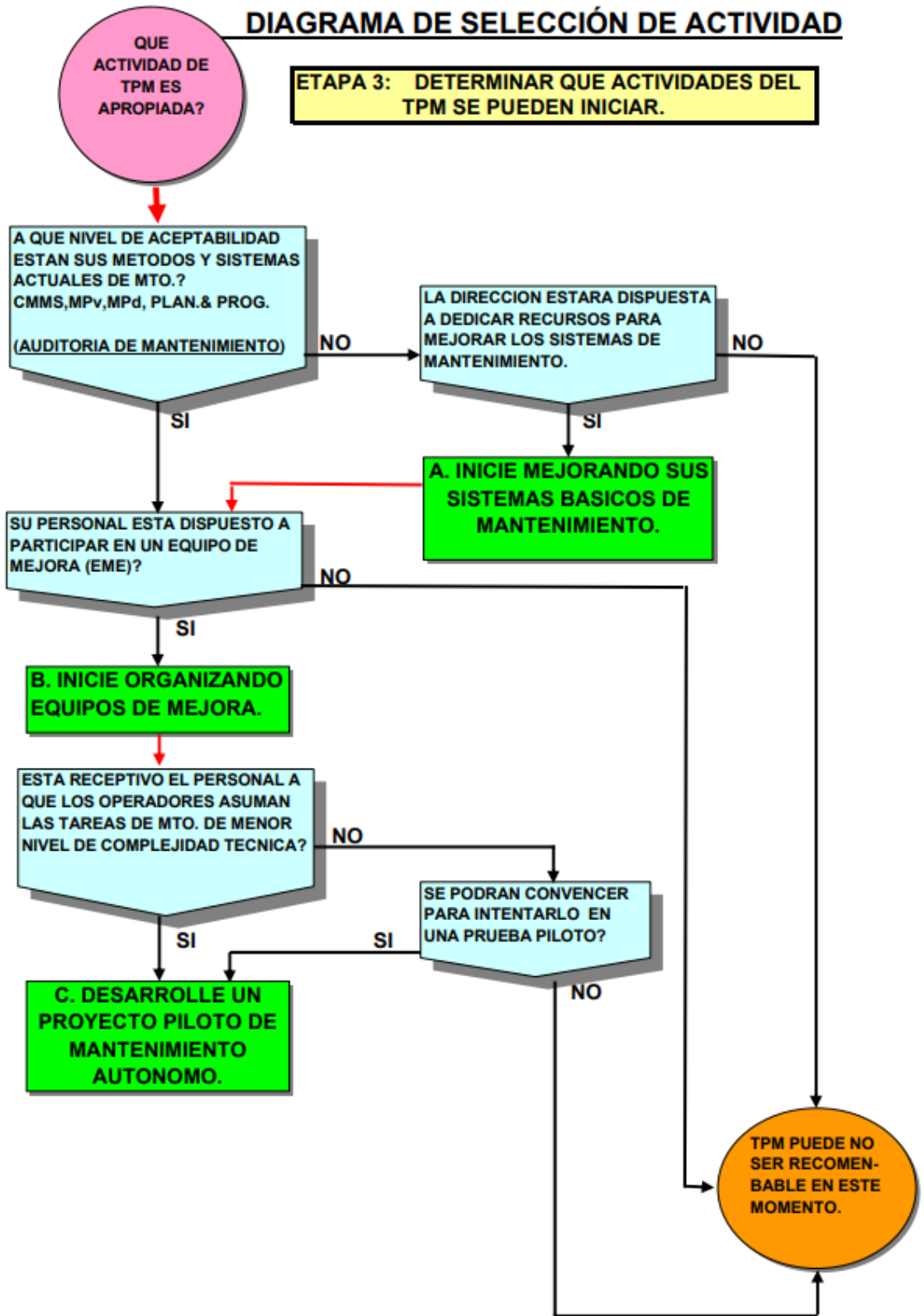
- Wu, DM; Luk, CKP; y Fei, WZ (2017). Quality control of low-cost electric machines for electric vehicles by doe assisted six sigma dmadv method. In *2017 7th International Conference on Power Electronics Systems and Applications-Smart Mobility, Power Transfer & Security (PESA)* (pp. 1–8).: IEEE.
- Xu, Mingdi; He, Jian; Zhang, Bo; y Zhang, Huanguo (2007). A new data protecting scheme based on tpm. In *Eighth ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing (SNPD 2007)*, volume 3 (pp. 943–947).: IEEE.



A | Anexo I: Diagrama De Decisión Implementación TPM



Fuente: Diagrama de decisión implementación TPM 1/2. <http://www.industrialtijuana.com/tpm.htm>



Fuente: Diagrama de decisión implementación TPM 2/2. <http://www.industrialtijuana.com/tpm.htm>