

El Sistema TPM como Estrategia de Excelencia Operacional y Competitividad Industrial

Autor: Walter Eduardo Izaguirre Seminario

Dirección: Jiron Luis Deucker Lavalle N° 231. Santiago de Surco. Lima. Perú.

Resumen

El presente trabajo analiza cómo la implementación del Sistema TPM (Total Productive Maintenance) permite alcanzar la excelencia operacional y fortalecer la competitividad industrial mediante la eliminación sistemática de pérdidas, el desarrollo de competencias del personal y la mejora continua en la gestión de activos. En un entorno altamente competitivo, las organizaciones requieren sistemas integrales que aseguren eficiencia, calidad, seguridad y confiabilidad; en este contexto, el TPM se consolida como una estrategia que involucra a todas las áreas en la construcción de una cultura orientada al cumplimiento de objetivos de eficiencia, costo, calidad y desarrollo del talento humano.

1. Introducción

1.1 Contexto industrial y necesidad de excelencia operacional

La industria manufacturera enfrenta entornos de alta volatilidad, presión por reducción de costos y exigencias crecientes en calidad y cumplimiento. Las pérdidas operativas derivadas de fallas, microparadas, defectos y baja disciplina operacional impactan directamente la rentabilidad y la competitividad.

1.2 Evolución del mantenimiento hacia la gestión integral

El mantenimiento ha evolucionado desde un enfoque correctivo hacia modelos preventivos y predictivos. Sin embargo, la excelencia operacional requiere un sistema integral que

involucre a toda la organización en la eliminación sistemática de las pérdidas.

1.3 Importancia del TPM como estrategia de competitividad

El TPM no se limita al mantenimiento. Se trata de un sistema de gestión orientado a maximizar la eficiencia global de los equipos (OEE) y alinear la confiabilidad de los activos con los objetivos estratégicos del negocio.

1.4 Objetivo y alcance del trabajo

El objetivo del presente trabajo es analizar el TPM como estrategia integral de excelencia operacional y demostrar su impacto en la competitividad industrial mediante un caso aplicado en una línea de envasado de detergentes. que la planta logre sus objetivos, tales como volumen de producción, seguridad, calidad y costos.

2. Fundamentos del Sistema TPM

2.1 Principios del Total Productive Maintenance

El TPM se fundamenta en cuatro principios esenciales:

- Maximización de la eficiencia global de los equipos
- Participación total del personal
- Prevención sistemática de pérdidas
- Mejora continua estructurada

2.2 Objetivos del sistema TPM

El TPM persigue:

- Cero averías

- Cero defectos
- Cero accidentes
- Desarrollo integral del personal
- Reducción sostenida de costos

2.3 Los ocho pilares del TPM

El sistema TPM se estructura en ocho pilares interrelacionados, cuyo propósito es desarrollar capacidades organizacionales para eliminar pérdidas específicas que afectan la eficiencia, calidad, costos, seguridad y confiabilidad de los activos. Cada pilar actúa sobre fuentes concretas de ineficiencia, y su implementación coordinada permite una mejora sistémica del desempeño operacional.

1. Mantenimiento Autónomo

Busca involucrar a los operadores en el cuidado básico de los equipos mediante limpieza, inspección, lubricación y ajustes menores.

Pérdidas que elimina o reduce:

- Deterioro acelerado por falta de condiciones básicas.
- Fallas menores repetitivas.
- Microparadas por desajustes simples.
- Pérdidas de velocidad asociadas a suciedad o desgaste no detectado.

Impacta principalmente en la disponibilidad y en la reducción de fallas crónicas.

2. Mantenimiento Planeado

Establece un sistema estructurado de mantenimiento preventivo, predictivo y basado en condición, sustentado en análisis de criticidad e historial de fallas.

Pérdidas que elimina o reduce:

- Paradas no programadas.
- Fallas mayores
- Intervenciones de emergencia de alto costo.
- Baja confiabilidad del equipo.

Su impacto directo se observa en el incremento del MTBF y en la mejora sostenida de la disponibilidad.

3. Mejora Enfocada

Aplica metodologías sistemáticas de análisis (Kaizen, análisis de causa raíz) para eliminar pérdidas crónicas y recurrentes.

Pérdidas que elimina o reduce:

- Microparadas repetitivas.
- Pérdidas de velocidad.
- Tiempos de setup
- Defectos recurrentes.
- Ineficiencias ocultas en el proceso.

Este pilar ataca directamente las grandes pérdidas que afectan al OEE.

4. Mantenimiento de la Calidad

Busca garantizar condiciones del equipo que prevengan defectos desde la fuente, evitando la generación de productos no conformes.

Pérdidas que elimina o reduce:

- Productos defectuosos.
- Retrabajos.
- Reclamos de clientes.
- Variabilidad en parámetros críticos de proceso.

Impacta principalmente el componente de calidad del OEE.

5. Educación y Entrenamiento

Desarrolla competencias técnicas y operativas para elevar el nivel de conocimiento del personal.

Pérdidas que elimina o reduce:

- Errores operativos.
 - Intervenciones incorrectas.
 - Tiempos prolongados de reparación por falta de habilidad.
 - Dependencia excesiva de especialistas.
- Fortalece la sostenibilidad del sistema y reduce fallas inducidas por el factor humano.

6. Seguridad, Salud y Medio Ambiente

Integra la prevención de riesgos como parte estructural del sistema productivo.

Pérdidas que elimina o reduce:

- Accidentes laborales.

- Paradas por incidentes.
 - Costos legales y sanciones.
 - Impactos ambientales no controlados.
- Contribuye a la continuidad operacional y a la estabilidad organizacional.

7. Gestión Temprana de Equipos

Incorpora la experiencia operativa en el diseño y adquisición de nuevos equipos, asegurando mantenibilidad y confiabilidad desde su concepción.

Pérdidas que elimina o reduce:

- Fallas de diseño.
- Tiempos excesivos de puesta en marcha.
- Altos costos iniciales de mantenimiento.
- Problemas recurrentes en nuevas instalaciones.

Reduce el costo del ciclo de vida del activo.

8. Administrativo y Soporte

Extiende los principios del TPM a áreas indirectas como planificación, compras, logística y gestión documental.

Pérdidas que elimina o reduce:

- Retrasos en suministro de repuestos.
- Errores administrativos.
- Tiempos muertos por mala coordinación.
- Ineficiencias en flujo de información.

Este pilar asegura coherencia sistémica y elimina pérdidas invisibles fuera del piso de producción.

2.4 Rol del liderazgo y cultura organizacional

La implementación exitosa del TPM exige liderazgo visible, alineación estratégica y una cultura disciplinada orientada a estándares y resultados medibles.

3. Proceso de Implementación del Sistema TPM

3.1 Fases de implementación

La implementación del TPM debe desarrollarse de manera estructurada y progresiva, evitando enfoques improvisados o

exclusivamente técnicos. A continuación, se describen las fases recomendadas:

1. Preparación

Corresponde a la etapa de alineación estratégica y sensibilización organizacional. Incluye el compromiso formal de la alta dirección, la definición de objetivos cuantificables (OEE, MTBF, costos), la conformación del comité TPM y la comunicación del propósito del programa a toda la organización. En esta fase se establecen las bases culturales y se asignan recursos.

2. Diagnóstico inicial de pérdidas

Se realiza un análisis detallado de la situación actual, identificando las principales fuentes de ineficiencia mediante el estudio de indicadores históricos, análisis de las seis grandes pérdidas del OEE y evaluación del estado de los equipos. El objetivo es establecer una línea base cuantitativa que permita priorizar intervenciones.

3. Elaboración de la estrategia de implementación

Con base en el diagnóstico, se diseña un plan maestro que define el alcance, cronograma, responsables, metas intermedias y secuencia de despliegue de los pilares. Esta estrategia debe incluir auditorías internas, indicadores de seguimiento y mecanismos de control del avance.

4. Implementación de proyectos piloto

Se selecciona un equipo, línea o proceso representativo para aplicar el modelo TPM de manera controlada. Esta fase permite validar la metodología, generar aprendizajes, demostrar resultados tempranos y reducir la resistencia al cambio. El piloto debe enfocarse en resultados medibles y sostenibles.

5. Adecuación de la metodología a la realidad de la empresa

El TPM no debe aplicarse de forma rígida. En esta fase se ajustan herramientas, formatos, frecuencia de actividades y niveles de

exigencia según la cultura, madurez técnica y complejidad operativa de la organización. La adaptación garantiza apropiación y sostenibilidad.

6. Despliegue del modelo a otros equipos, líneas o procesos

Una vez consolidado el piloto, se realiza la expansión progresiva del sistema hacia otras áreas productivas y de soporte. Este despliegue debe mantener estándares comunes, pero respetando las particularidades de cada proceso.

7. Seguimiento a resultados y reconocimiento
Se establecen rutinas periódicas de revisión de indicadores, auditorías de pilares y evaluación del cumplimiento de estándares. El reconocimiento formal a equipos y personas que logran mejoras sostenidas es fundamental para reforzar la cultura TPM.

8. Estandarización y expansión

En la fase final se consolidan las mejores prácticas como estándares corporativos, se integran a los sistemas de gestión existentes y se proyecta la expansión hacia nuevas plantas o unidades de negocio.

3.2 Requisitos para implementar el TPM

La implementación efectiva del TPM requiere condiciones organizacionales, técnicas y culturales que aseguren su sostenibilidad en el tiempo. Entre los principales requisitos se encuentran:

1. Compromiso visible y sostenido de la alta dirección

La dirección debe liderar el proceso, asignar recursos, establecer metas claras y participar activamente en el seguimiento de resultados. Sin liderazgo estratégico, el TPM tiende a diluirse en iniciativas aisladas.

2. Sistema robusto de medición de indicadores

Es indispensable contar con métricas confiables como OEE, MTBF, MTTR, tasas de defectos y costos de mantenimiento. La toma

de decisiones debe basarse en datos objetivos y consistentes.

3. Formación estructurada por niveles

Debe existir un programa de capacitación progresivo que desarrolle competencias técnicas y metodológicas en operadores, técnicos, supervisores y gerencia.

4. Plan maestro de implementación

Se requiere una hoja de ruta formal con fases definidas, metas intermedias, auditorías internas y cronograma de despliegue por áreas o líneas productivas.

5. Estandarización de procesos y condiciones básicas

Antes de buscar mejoras avanzadas, es necesario estabilizar los equipos mediante restauración de condiciones básicas, estandarización de rutinas y control visual.

6. Cultura de participación y trabajo en equipo

El TPM exige involucramiento transversal. La eliminación de pérdidas debe ser responsabilidad compartida entre producción, mantenimiento, calidad y áreas de soporte.

7. Gestión estructurada de análisis de pérdidas

Es fundamental aplicar metodologías formales de análisis de causa raíz, priorización por criticidad y seguimiento sistemático de acciones correctivas.

3.3 Riesgos del proceso

- Enfoque exclusivo en mantenimiento
- Falta de indicadores financieros
- Pérdida de disciplina en estándares
- Rotación del liderazgo

3.4 Indicadores de seguimiento

El sistema TPM estructura sus indicadores de desempeño bajo el modelo PQCDSP, el cual permite evaluar integralmente el impacto del sistema en seis dimensiones estratégicas. Esta clasificación asegura que la mejora no se limite

a la eficiencia técnica, sino que abarque resultados operacionales y organizacionales.

P – Productividad

Evalúa la eficiencia global de los equipos y la estabilidad del proceso productivo.

Principales indicadores:

- OEE (Overall Equipment Effectiveness), como métrica integral de disponibilidad, rendimiento y calidad.
- MTBF (Mean Time Between Failures), para medir la confiabilidad.
- MTTR (Mean Time To Repair), para evaluar la eficiencia en la recuperación.
- Producción real vs. capacidad instalada.

Estos indicadores permiten cuantificar la eliminación de pérdidas asociadas a fallas, microparadas y pérdidas de velocidad.

Q – Calidad

Mide la capacidad del proceso para producir sin defectos y mantener condiciones estables.

Indicadores representativos:

- Tasa de defectos.
- Porcentaje de retrabajo.
- PPM (partes por millón defectuosas).
- Cumplimiento de especificaciones críticas.

El objetivo es avanzar hacia cero defectos mediante control de condiciones básicas y mantenimiento de la calidad.

C – Costo

Evalúa el impacto económico del sistema TPM en la operación.

Indicadores principales:

- Costo de mantenimiento por unidad producida.
- Costo total de mantenimiento como porcentaje del valor de reposición del activo.
- Costo de fallas internas y externas.
- Ahorros generados por mejoras enfocadas.

Esta dimensión asegura que la mejora técnica se traduzca en resultados financieros sostenibles.

D – Delivery (Cumplimiento)

Mide la capacidad de la operación para cumplir los compromisos de producción y entrega.

Indicadores comunes:

- Cumplimiento del plan de producción.
- Nivel de servicio al cliente.
- Tiempo de ciclo.
- Índice de entregas a tiempo (On-Time Delivery).

La mejora en disponibilidad y estabilidad impacta directamente esta categoría.

S – Seguridad

Evalúa el desempeño en prevención de riesgos y protección del personal.

Indicadores representativos:

- Tasa de frecuencia de accidentes.
- Tasa de severidad.
- Incidentes ambientales.
- Condiciones inseguras detectadas y corregidas.

El TPM promueve el objetivo de cero accidentes como condición para la excelencia operacional.

M – Moral (Desarrollo del personal)

Refleja el nivel de compromiso, participación y desarrollo de competencias del personal.

Indicadores clave:

- Horas de capacitación por colaborador.
- Número de mejoras implementadas por empleado.
- Índice de participación en actividades TPM.
- Nivel de certificación en mantenimiento autónomo.

Esta dimensión garantiza la sostenibilidad cultural del sistema.

4. Resultados y Beneficios Esperados del TPM

Desde una perspectiva conceptual, el TPM genera beneficios en tres dimensiones:

4.1 Impacto operativo

- Incremento del OEE entre 10 y 20 puntos porcentuales
- Reducción de fallas crónicas superiores al 50 %
- Mayor estabilidad del proceso

4.2 Impacto económico

- Reducción de costos de mantenimiento entre 15 % y 25 %
- Incremento de capacidad productiva sin inversión en nuevos activos
- Mejora del margen operativo

4.3 Impacto cultural

- Desarrollo de competencias técnicas
- Mayor compromiso del personal
- Cultura orientada a datos y mejora continua

5. Integración del TPM con la Inteligencia Artificial y la Industria 4.0

La evolución de la manufactura hacia entornos digitalizados ha generado nuevas oportunidades para fortalecer los sistemas de gestión de activos. En este contexto, la integración del TPM con tecnologías de Industria 4.0 permite potenciar la eliminación sistemática de pérdidas mediante el uso avanzado de datos, analítica y modelos predictivos.

Lejos de reemplazar los fundamentos del TPM, la inteligencia artificial (IA) actúa como un habilitador que incrementa la capacidad de detección temprana de fallas, mejora la planificación del mantenimiento y optimiza la toma de decisiones operativas.

5.1 Digitalización del mantenimiento

La digitalización constituye el primer nivel de integración tecnológica. Esta etapa comprende: Sensores IoT para variables críticas (vibración, temperatura, corriente, presión).

Sistemas MES (Manufacturing Execution Systems) para captura automática de microparadas y tiempos muertos.

Sistemas CMMS integrados con análisis histórico de fallas.

Plataformas de análisis de datos en tiempo real.

En el contexto del TPM, esta digitalización fortalece principalmente los pilares de:

Mantenimiento Planeado

Mejora Enfocada

Mantenimiento de la Calidad

La captura estructurada de datos permite transformar el análisis reactivo en análisis predictivo, reduciendo la subjetividad y mejorando la precisión de los diagnósticos.

5.2 Aplicaciones de IA en la gestión de activos

La inteligencia artificial amplía la capacidad analítica mediante algoritmos de aprendizaje automático (Machine Learning) y modelos estadísticos avanzados.

a) Predicción de fallas

Mediante modelos supervisados, es posible:

Analizar espectros de vibración para identificar patrones anómalos.

Detectar degradación progresiva en motores y reductores.

Estimar la vida útil remanente (Remaining Useful Life – RUL).

Esto impacta directamente el indicador MTBF, reduciendo fallas inesperadas.

b) Detección de anomalías en variables de proceso

Modelos no supervisados permiten:

Identificar desviaciones en consumo energético.

Detectar variaciones anormales en peso de llenado.

Identificar correlaciones entre microparadas y variables ambientales.

Esta aplicación fortalece el pilar de Mantenimiento de la Calidad.

c) Optimización de planes de mantenimiento

Los algoritmos pueden:

Priorizar intervenciones según criticidad dinámica.

Ajustar frecuencias de mantenimiento preventivo.

Optimizar ventanas de intervención según disponibilidad productiva.

De esta manera, el mantenimiento evoluciona de un esquema calendarizado a uno basado en condición y riesgo.

5.3 Beneficios de la integración TPM – IA

La combinación estructurada del TPM con herramientas de IA genera beneficios en tres niveles:

Nivel operativo

Reducción adicional de 5–10 % en tiempos no programados.

Mayor estabilidad del proceso.

Disminución de microparadas repetitivas.

Nivel económico

Reducción de inventarios de repuestos críticos.

Optimización del costo total de mantenimiento.

Mejor utilización de la capacidad instalada.

Nivel estratégico

Toma de decisiones basada en datos confiables.

Mayor alineación entre mantenimiento y planificación productiva.

Incremento sostenido del OEE.

Es importante destacar que la IA no sustituye la disciplina del TPM; la potencia cuando existe estandarización, datos confiables y cultura organizacional sólida.

5.4 Retos y oportunidades

La implementación tecnológica enfrenta desafíos relevantes:

Calidad y limpieza de datos históricos.

Integración entre sistemas (MES, ERP, CMMS).

Resistencia cultural frente a la automatización analítica.

Necesidad de competencias en análisis de datos.

Sin una base sólida de estándares operativos y mantenimiento autónomo, la digitalización puede amplificar ineficiencias en lugar de eliminarlas.

6. Caso de Aplicación: Línea de Envasado de Detergentes en Empresa de Consumo Masivo
Se analiza una línea de envasado de detergente en polvo con capacidad nominal de 4.800 botellas por hora.

6.1 Situación Inicial

Se analiza una línea de envasado de detergente en polvo en bolsas de 1 kg con capacidad nominal de 4.800 bolsas por hora.

Indicadores antes de la implementación:

Disponibilidad: 82 %

Rendimiento: 85 %

Calidad: 97 %

OEE: 67,6 %

Producción teórica anual (8.000 h/año):

$4.800 \times 8.000 = 38.400.000$ bolsas/año

Producción real con OEE 67,6 %:

25.958.400 bolsas/año

MTBF: 14 horas

Costo anual de mantenimiento: USD 1.200.000

Principales pérdidas:

Fallas recurrentes en sistema de dosificación y sellado horizontal

Microparadas por acumulación de producto en sistema de alimentación

Desalineación y desgaste prematuro en rodillos de arrastre

Tiempos elevados de cambio de formato

6.2 Proceso de Implementación

Se desarrolló un plan estructurado de 12 meses que incluyó:

Diagnóstico detallado de pérdidas (6 grandes pérdidas del TPM)

Restauración de condiciones básicas (limpieza, inspección, lubricación y ajuste)

Implementación del Mantenimiento Autónomo en 7 pasos

Rediseño del plan de Mantenimiento Planeado basado en criticidad

Eliminación de pérdidas crónicas mediante Mejora Enfocada (Kaizen estructurado)

Programa formal de capacitación técnica y desarrollo de competencias

6.3 Resultados Obtenidos

Después de 12 meses:

Disponibilidad: 92 %

Rendimiento: 93 %

Calidad: 99 %

OEE: 84,6 %

MTBF: 31 horas

Reducción de fallas crónicas: 60 %

Reducción del costo de mantenimiento: 18 %

6.4 Impacto Organizacional

100 % de operadores seleccionados, capacitados en mantenimiento autónomo

180 mejoras enfocadas implementadas

Reducción del ausentismo en 12 %

Incremento en propuestas de mejora por colaborador: +35 %

7. Conclusiones

1. El TPM constituye un sistema integral de gestión que permite transformar la cultura organizacional y maximizar la eficiencia de los activos.
2. El caso aplicado demuestra que una implementación estructurada puede generar mejoras sustanciales en OEE, reducción de costos y fortalecimiento de la competitividad industrial.
3. La integración con herramientas digitales y de inteligencia artificial potencia su efectividad y lo consolida como una estrategia clave en el entorno de la Industria 4.0.
4. El TPM debe entenderse como un sistema permanente de gestión orientado a la creación sostenida de valor.

Bibliografía

[1] T. Suzuki, TPM para Industrias de Proceso. Madrid. Productivity Press, 1992, 304 pp.

[2] S. Nakajima, Mantenimiento Productivo Total: Cómo Incrementar la Productividad a través del Mantenimiento Preventivo. Madrid. McGraw-Hill, 2001, 432 pp.

[3] A.M. Smith, Gestión del Mantenimiento Centrada en Fiabilidad: La Integración del TPM y el RCM. Barcelona. Elsevier, 2009, 360 pp.

[4] Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance. Tokyo. JIPM Solutions, 1996.

Walter Izaguirre Seminario

Ingeniero industrial, graduado de la universidad de Lima, con más de 28 años de experiencia implementando sistemas de excelencia operacional (TPM, Lean, RCM, Kaizen, 5 S's, Six Sigma, etc.) y sistemas de calidad, seguridad, inocuidad y medio ambiente (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, BPM, HACCP, etc.) en empresas de diversos sectores, como: Procter & Gamble, Aceros Arequipa, Gloria, Quimpac, SMI Pet, Grupo Palmas, entre otras. Ha sido docente de estos temas en la Universidad de Lima, Universidad Nacional de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria, Tech Senati, TUV SUD de España, entre otras instituciones.

1. Nombre del autor: Walter Eduardo Izaguirre Seminario
2. Teléfono:
 - a. Residencia: 511 968515756
 - b. Oficina: 511 968515756
 - c. Celular: 511 968515756
3. Dirección del autor:
 - a. Residencia: Jiron Luis Deucker Lavalle N° 231. Santiago de Surco. Lima.
 - b. Oficina: Jiron Luis Deucker Lavalle N° 231. Santiago de Surco. Lima.
 - c. E. mail: walterizaguirre@focusorg.com
 - d. Ciudad: Lima
 - e. País: Perú