



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) APLICADO A  
UNA MÁQUINA FORMADORA DE CAMISAS EXOTÉRMICAS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A:**

**RAMIRO MISAEL GARCÍA RAYA**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**M. EN A. MARÍA DEL PILAR ZEPEDA MORENO**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

SECRETARÍA DE ESTUDIOS  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

**MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) APLICADO A UNA MAQUINA FORMADORA DE CAMISAS EXOTERMICAS**

Que presenta el pasante: **RAMIRO MISAEL GARCÍA RAYA**  
Con número de cuenta: **41205091-4** para obtener el Título de: **Ingeniero Industrial**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de mayo de 2016.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Ing. Emilio Juárez Martínez	
<b>VOCAL</b>	M. en A. Maria del Pilar Zepeda Moreno	
<b>SECRETARIO</b>	M. en I. Sergio Martín Durán Guerrero	
<b>1er SUPLENTE</b>	Ing. Gabriel Vázquez Castillo	
<b>2do SUPLENTE</b>	Lic. Erika de la Luz Téllez Mejía	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).  
En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.  
(Art 127 REP)

HHA/Vc

## DEDICATORIAS

Este trabajo se lo dedico con todo mi amor a mi madre Lucia ya que gracias a ella, a su amor, comprensión y apoyo incondicional me han llevado a cruzar esta etapa de mi vida.

A mi padre Ramiro por alentarme a recorrer este camino, por creer en mí, apoyarme siempre y hacer todo lo posible para estar presente en mi vida.

Con especial cariño a Martin Morales Peraza que ha sido como un padre para mí, que me ha enseñado mucho y que sin su presencia no estaría donde me encuentro hoy.

A María de la Luz Duarte Esquivel por ser una gran mujer, y amiga incondicional, por ayudarme en momentos difíciles y ser parte de este logro en mi vida.

Con todo mi amor a mis hermanos Martin, Karen, Abigail, Jesús y Paola.

“Ustedes son la base de todos mis logros, por ustedes puedo superar cualquier obstáculo, por ustedes puedo seguir caminando con la frente en alto, sin miedo, sin dudas y con unas ganas infinitas de lograrlo todo”

## AGRADECIMIENTOS

A mi asesora la M. en A. María del Pilar Zepeda Moreno ya que gracias a ella pude realizar este trabajo, agradezco su tiempo y su dedicación para poder llevarlo a cabo.

A la UNAM por ser una institución que me formo académica y personalmente que ha forjado en mí una visión distinta en muchos aspectos de mi vida.

Agradezco a las Misioneras Hijas Mínimas de San José por ser unas grandes personas, por todo el apoyo que recibí, sus consejos y su alegría.

Agradezco con mucho cariño a Diana Rojo García por todo su amor y comprensión y a toda su familia, por recibirme, ayudarme y aceptarme como uno más de su familia.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO 1.- ORIGENES, DEFINICIONES Y OBJETIVOS.....	3
1.1 ORÍGENES DEL TPM .....	3
1.2 DEFINICIÓN DEL TPM.....	4
1.3 OBJETIVOS DEL TPM .....	6
1.4 CARACTERÍSTICAS DEL TPM .....	8
CAPITULO 2.- TÉCNICAS PARA LA MEJORA DEL TPM .....	10
2.1 AMEF .....	11
2.2 KOBETZU KAIZEN .....	18
2.3 JUST IN TIME .....	22
2.4 LAS CINCO ESES (5S's).....	29
2.5 SEIS SIGMA.....	35
2.6 KANBAN .....	37
2.7 TQM.....	40
2.8 POKA-YOKE.....	42
2.9 JIDOKA .....	45
2.10 SHOJINKA .....	49
2.11 SMED .....	51
CAPITULO 3.- IMPLEMENTACIÓN DEL TPM.....	56
3.1 ETAPAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA TPM. ....	57
3.1.2 FASE DE INTRODUCCIÓN.....	62
3.1.3 FASE DE IMPLEMENTACIÓN.....	62
3.1.4. FASE DE CONSOLIDACIÓN .....	67
3.2 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM.....	67
CAPITULO 4.- LAS PÉRDIDAS DEL MANTENIMIENTO .....	69
4.1 LAS GRANDES PÉRDIDAS DE LOS EQUIPOS Y SUS CATEGORÍAS .....	69
4.1.1. COMPARACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE LOS EQUIPOS Y LOS DESPILFARROS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	69
4.1.2. PÉRDIDAS POR AVERÍAS EN LOS EQUIPOS.....	72
4.1.3 ANÁLISIS DE LAS AVERÍAS CRÓNICAS .....	73
4.1.4 PÉRDIDAS DEBIDAS A PREPARACIONES .....	74
4.1.5 PÉRDIDAS PROVOCADAS POR TIEMPO DE CICLO EN VACÍO Y PARADAS CORTAS .....	75
4.1.6 PÉRDIDAS POR FUNCIONAMIENTO A VELOCIDAD REDUCIDA .....	75
4.1.7 PÉRDIDAS POR DEFECTOS DE CALIDAD, RECUPERACIONES Y REPROCESADOS.....	76

4.1.8 PÉRDIDAS DE FUNCIONAMIENTO POR PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO.....	77
CAPITULO 5.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO .....	79
5.1 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO (MA) .....	79
5.2 OBJETIVOS Y NECESIDADES DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO .....	79
5.3 CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES ENTRE LOS DEPARTAMENTOS MANTENIMIENTO/PRODUCCIÓN .....	82
5.4 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO BASADO EN LAS 5S'S, CON EL OBJETIVO DE ELIMINAR LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS .....	83
5.5 CONDICIONANTES BÁSICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO .....	88
5.6 ETAPAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	90
CAPITULO 6.- DESARROLLO DEL TPM EN UN CASO PRÁCTICO .....	105
6.1 INTRODUCCIÓN.....	105
6.2 PRODUCTOS.....	106
6.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE CAMISAS EXOTÉRMICAS.....	107
6.4 ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL TPM A LA MÁQUINA FORMADORA DE CAMISAS EXOTÉRMICAS.....	110
6.5 PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL GENERAL .....	130
6.6 CONSOLIDACIÓN DEL TPM Y RESULTADOS FINALES .....	136
CONCLUSIONES.....	139
RECOMENDACIONES.....	140
GLOSARIO DE ACRÓNIMOS .....	141
BIBLIOGRAFIA .....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo 2

Figura 2.1 Tipos de AMEF.....	12
Figura 2.2 Etapas del AMEF.....	13
Figura 2.3 Elementos Básicos de un Programa AMEF.....	14
Figura 2.4 Pasos para el desarrollo del KAIZEN. ....	18
Figura 2.5 Reducción de costos en JIT.....	23
Figura 2.6 Objetivos del JIT.....	29
Figura 2.7 Esquemas con preguntas clave. ....	30
Figura 2.8 Ciclo de las 5S´s.....	34
Figura 2.9 Ejemplo de Kanban. ....	40
Figura 2.10 Objetivos del TQM.....	41
Figura 2.11 Diseños a prueba de Error.....	42
Figura 2.12 Reglas básicas del Poka-Yoke.....	45
Figura 2.13 Cuando se detectan productos defectuosos la máquina para.....	46
Figura 2.14 Algunos beneficios del Jidoka. ....	47
Figura 2.15 Pasos para implementar un sistema Jidoka. ....	49
Figura 2.16 Ejemplo de un sistema Shojinka. ....	50
Figura 2.17 Aplicación del SMED en un sistema productivo.....	52
Figura 2.18 Proceso de implementación del sistema SMED. ....	55

### Capítulo 4

Figura 4.1 Pérdidas y efectos en el TPM. ....	70
---	----

### Capítulo 5

Figura 5.1 Código de colores utilizado para la seguridad industrial. ....	85
Figura 5.2 Evolución hacia la detección de anomalías desde la limpieza. ....	95

### Capítulo 6

Figura 6.1 Modelos de camisas exotérmicas. ....	106
Figura 6.2 Materia prima utilizada en la elaboración de camisas exotérmicas. ....	107
Figura 6.3 Máquina Pulpeadora.....	108
Figura 6.4 Máquina formadora de camisas exotérmicas. ....	109
Figura 6.5 Horno utilizado para realizar camisas exotérmicas.....	110
Figura 6.6 Diagrama de proceso de actividades TPM.....	127

## ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS

### Capítulo 2

Tabla 2.1 Grado de severidad del AMEF .....	15
Tabla 2.2 Asignación del valor de ocurrencia.....	16
Tabla 2.3 Asignación del valor de detención.....	17
Tabla 2.4 Valoración del NPR .....	17
Tabla 2.5 Pilares del sistema de las 5S's .....	30
Tabla 2.6 Tipos de errores .....	43

### Capítulo 3

Tabla 3.1 Etapas comprendidas en cada fase de la implementación de un sistema TPM.	59
--	----

### Capítulo 4

Tabla 4.1 Clasificación de las seis pérdidas.....	70
Tabla 4.2 Características de las pérdidas según su naturaleza.....	73

### Capítulo 5

Tabla 5.1 Problemas y objetivos en la implementación del Mantenimiento Autónomo.....	81
Tabla 5.2 Relación de actividades y responsabilidades del Mantenimiento Autónomo .....	82
Tabla 5.3 Efectos producidos por suciedad .....	94
Tabla 5.4 Actividades de cada etapa en la limpieza.....	96
Tabla 5.5 Documentación de los estándares .....	100
Tabla 5.6 Relación del nivel de capacitación alcanzado en cada etapa.....	103

### Capítulo 6

Tabla 6.1 Departamentos involucrados en la implementación del TPM.....	111
Tabla 6.2 Estructura promocional del TPM .....	112
Tabla 6.3 Características generales de la máquina formadora de camisas exotérmicas nº 4 .....	113
Tabla 6.4 Plan de Mantenimiento Autónomo .....	115
Tabla 6.5 Formato para la realización de un Check List semanal.....	121
Tabla 6.6 Formato para realizar un Vale de Materiales .....	123
Tabla 6.7 Formato de Orden de Trabajo de Mantenimiento .....	125
Tabla 6.8 Check List Semanal de la máquina formadora de camisas nº 4 .....	129
Tabla 6.9 Plan de Mantenimiento Anual General .....	131
Tabla 6.10 Plan de Mantenimiento Anual agregando una máquina con TPM.....	133
Tabla 6.11 Plan de Mantenimiento Anual agregando totalmente el TPM.....	135
Gráfica 6.1 Porcentaje de mano de obra de mantenimiento.....	137
Gráfica 6.2 Costo mensual de mantenimiento a la máquina formadora.....	137

## INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de su existencia, la tarea a la que actualmente le denominamos mantenimiento es considerada una actividad difícil del quehacer humano, ya que se le evitaba en todo lo posible, inconscientemente o conscientemente, debido a que antes de la Revolución Industrial (1780 – 1830) los productos o servicios eran muy escasos y tenían una calidad variable, ya que casi todos eran hechos de manera manual porque las máquinas eran pocas, tal realidad hizo que se valorara la mano de obra, dejando la máquina en último término. Pero en la actualidad el panorama ha cambiado enormemente y los valores se han invertido, es decir, ahora es más valorado el cuidado que se les pone a las máquinas y al producto que se obtiene de ellas (más del 90%), que a la mano de obra para producirlo (menos del 10%).

En otras palabras, en la actualidad, los trabajos de mantenimiento han tomado preponderancia sobre los trabajos de la operación de las máquinas.

A pesar de lo anterior, en nuestro país existe en los altos niveles de la industria la idea de que el mantenimiento de sus activos se puede lograr con personal de segunda o tercera, con “mil usos”, porque es más barato; eso solo demuestra desconocimiento del concepto de mantenimiento y preservación. La misma idea toma presencia en el pensamiento de los altos niveles de la docencia y llega al extremo de que la enseñanza de la materia de mantenimiento, en la mayor parte de nuestras universidades, es una asignatura opcional para los Ingenieros Industriales. No se está haciendo hincapié en que a través del conocimiento y la aplicación de esa función se libra y gana en el mundo las batallas por los mercados. Por otro lado, la resistencia al cambio que existe en nuestro país y la insistencia de ver el mantenimiento como trabajo de tercera tiene a la industria sumergida en un caos.

Las industrias en nuestro país tiene la capacidad de competir contra cualquier otras industrias del mundo, pero debemos darnos cuenta que para lograr esto debemos tener unas bases bien fundamentadas con las cuales partiremos hacia una mejora continua.

Actualmente en la mayoría de las industrias las labores de mantenimiento no se están aplicando correctamente, cuando existe un problema se quiere arreglar desde la cúspide con la mejores herramientas posibles aunque no se entienda la base del problema, se quiere apretar un botón y solucionar todo en el momento y eso se repite una y otra vez lo que mantiene siempre en el mismo error y no se encuentra la manera óptima para solucionar las cosas, de esta manera simplemente no se puede obtener una mejora continua y por el contrario se obtiene una pérdida en múltiples aspectos lo que llevara a un desastre eminente.

# CAPITULO 1.- ORIGENES, DEFINICIONES Y OBJETIVOS

## 1.1 ORÍGENES DEL TPM

Desde el inicio de la vida humana, las herramientas fabricadas por el hombre se han perfeccionado cada día debido a que éstas le permiten conseguir sus satisfactorios físicos y psíquicos, desde que el hombre primitivo comenzó a fabricar sus armas para su supervivencia inició el uso del mantenimiento.

Antes de que se desarrollara el Mantenimiento Productivo Total (TPM) se crearon diversas técnicas y filosofías empleadas en el mantenimiento industrial. En 1780 surgió el mantenimiento correctivo (CM), en 1910 se crearon formaciones de cuadrillas de mantenimiento correctivo en las industrias para facilitar la reparación de maquinaria, en 1914 se implementa el mantenimiento preventivo (MP), en 1950 se crea la filosofía Kaizen que significa “mejora continua” o “mejoramiento continuo”, y su metodología de aplicación es conocida como la MCCT: La Mejora Continua hasta la Calidad Total, en 1951 se desarrolla en Estados Unidos de América el Mantenimiento Productivo (PM), posteriormente la creación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), el Cambio Rápido de Herramientas (SMED), el método Kanban, el Poka-Yoke, la metodología Jidoka, Shojinka, La filosofía Just In Time (JIT) así como la teoría de las Cinco Eses (5S´s).

Todas estas herramientas, filosofías, métodos, teorías, fueron el preámbulo para el surgimiento del Mantenimiento Productivo Total.

El origen del término "Mantenimiento Productivo Total" (TPM) data desde 1950 cuando ya había gente que estaba interesada en aplicar los avances de la mejora de calidad y productividad industrial, uno de ellos fue el japonés Seiichi Nakajima, quien en ese año empezó a estudiar desde Japón, el Mantenimiento Productivo de Estados Unidos de América y pudo percibir lo necesario para mejorar este concepto de trabajo en fábrica.

Desde 1962 Nakajima pudo visitar con cierta frecuencia a los industriales estadounidenses y después desarrollar el Mantenimiento Productivo Total en Japón, en 1971. Su libro TPM Nyumon fue publicado en Japón en 1984, y tres

años después hizo presentaciones del TPM a los industriales estadounidenses, y en 1986 fue editado su libro en inglés con el título *Introduction to TPM*.

Gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) el TPM se desarrolló como un sistema para el control de equipos en las plantas con un nivel de automatización importante. En Japón, de donde es originario el TPM, antiguamente los operarios llevaban a cabo tareas de mantenimiento y producción simultáneamente; sin embargo, a medida que los equipos productivos se fueron haciendo progresivamente más complicados, se derivó hacia el sistema norteamericano de confiar el mantenimiento a los departamentos correspondientes (filosofía de la división del trabajo); sin embargo, la llegada de los sistemas cuyo objetivo básico es la eficiencia en aras de la competitividad ha posibilitado la aparición del TPM, que en cierta medida supone un regreso al pasado, aunque con sistemas de gestión mucho más sofisticado.

## **1.2 DEFINICIÓN DEL TPM**

“Es un sistema de administración diseñado para facilitar el desarrollo de la industria. Se apoya en la participación proactiva de todo el personal que compone la empresa, incluyendo a los proveedores. Se soporta en las ciencias técnico-administrativas que le permiten obtener una mejora constante en la productividad y calidad de sus productos o servicios haciendo énfasis en la predicción y prevención de defectos, errores y fallas de sus recursos humanos, físicos y técnicos.

El TPM o Mantenimiento Productivo Total supone un nuevo concepto de gestión del mantenimiento, que trata de que este sea llevado a cabo por todos los empleados y a todos los niveles a través de actividades en pequeños grupos”.<sup>1</sup>

“El TPM es un sistema que permite optimizar los procesos de producción de una organización, mejorando su capacidad competitiva con la participación de todos sus miembros, desde la alta gerencia hasta el operario de primera línea. Esta estrategia gerencial de origen oriental permite la eliminación rigurosa y

<sup>1</sup> Dounce Villanueva, E. (2006). *Un Enfoque Analítico Del Mantenimiento Industrial*, México, Editorial Continental.

sistemática de las pérdidas, el logro de cero accidentes, alta calidad en el producto final con cero defectos y reducción de costos de producción con cero averías o fallas. TPM necesita del trabajo en grupos, que sean autónomos y permitan consolidar tareas específicas, en lo administrativo, productivo y en la gestión de mantenimiento que conlleven a procesos más eficaces para contribuir al objetivo general de la empresa.

TPM es orientado a la mejora de la efectividad global de las operaciones para ser más competitivos, transforma los lugares de trabajo hasta proyectarlos de buena apariencia elevando el nivel de conocimiento y capacidad de los trabajadores de mantenimiento y producción e involucrando al 100% del personal. Con la participación del personal se tiene más motivación, sugerencias de mejora y deseos de éxito, debido al cambio de pensamiento que se da al interior de la organización. El TPM es una cultura que aprovecha y multiplica las ventajas que dan las destrezas habilidades, liderazgo y compromiso de todos los miembros de la organización”<sup>2</sup>

“El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implementadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales”<sup>3</sup>

2. Cuatrecasas, L. (2003). TPM Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción, Barcelona, Editorial Gestión 2000.

3. Alvarez Laverde, H. (2008). TPM y Aprendizaje Organizacional, Ceroaverías. Fecha de consulta: 19 de Agosto de 2015. URL: <http://www.ceroaverias.com/aprendizaje.pdf>

Dadas las definiciones anteriores se puede decir que el Mantenimiento Productivo Total TPM es un sistema que busca optimizar los procesos de producción, la competitividad, y la comunicación en una organización.

Este nuevo concepto busca el desarrollo industrial utilizando como herramienta a todo el personal involucrado en la organización haciendo que sea de vital importancia la participación de los miembros en las labores de mantenimiento en todos los niveles, desde los directivos hasta los obreros.

El TPM implica mayor conocimiento y desarrollo de las habilidades de todo el personal haciendo que la organización crezca en todos sus aspectos, el impacto que tiene este sistema afecta a toda la cultura de la organización obteniendo como resultado personal motivado, creativo, proactivo y aportando ideas que ayuden al continuo crecimiento.

### **1.3 OBJETIVOS DEL TPM**

El objetivo del TPM es lograr la eficiencia del mantenimiento productivo a través de un sistema comprensivo basado en el respeto a los individuos y en la participación total de los empleados. Por eso debe existir en todo el personal una preparación muy cuidadosa y enfocada a todas las actividades que realiza la organización.

Tiene la mira de maximizar la efectividad del equipo con un sistema total de mantenimiento preventivo que cubra toda la vida del mismo. Involucrando a cada uno en todos los departamentos y en todos los niveles, motiva al personal para el mantenimiento de la planta a través de grupos pequeños y actividades voluntarias. También está enfocado a la obtención del máximo rendimiento y eficacia global de un sistema productivo a través de la correcta gestión de los equipos que lo forman.

Las actuaciones TPM se centran en la eliminación o reducción de tiempos muertos o de vacío, reducción del funcionamiento a velocidad reducida (inferior a su capacidad) y la minimización de las defunciones y defectos derivados de los procesos que intervienen en los equipos.

Los objetivos que una organización busca al implantar el TPM pueden tener diferentes dimensiones:

### ***Objetivos estratégicos***

El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y conservación del "conocimiento" industrial.

Algunos de los objetivos estratégicos son los siguientes:

- Inicio de producción de nuevos productos en tiempo oportuno y forma efectiva.
- Adecuación flexible a las tendencias de la demanda.
- Reducción de costos de las mercancías.
- Garantía de un gran nivel de calidad.
- Conservación de recursos naturales y energéticos.

### ***Objetivos operativos.***

El TPM tiene como Propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

Los objetivos operativos principales son:

- Evitar la degradación de los equipos debido a las averías, aumentos de producción y de calidad.
- Evitar la degradación de los equipos por operativa continua con carga elevada.
- Reducir los equipos con defectos, por deficiencias en los proyectos.
- Mejorar el conocimiento y concienciación sobre el control de los equipos.
- Elevar la moral con satisfacción en la operativa y el control de los equipos.

- Reducción de averías de los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos (setup).
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de herramientas y equipos.

### ***Objetivos organizativos***

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral en el trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

Algunos de los objetivos del TPM enfocados a la organización son los siguientes:

- Formación y entrenamiento de los recursos humanos.
- Fomentar el trabajo en equipo.
- Participación de todo el personal de la organización.
- Romper las barreras de la comunicación.
- Crear una cultura organizacional nueva y eficaz.
- Mayor capacitación al personal para desarrollar sus habilidades creativas, de análisis, soluciones y aportación de ideas.

### **1.4 CARACTERÍSTICAS DEL TPM**

El TPM es una herramienta que cuenta con diversas características siendo un ejemplo de estas las siguientes:

- Realización de acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observada como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientada a la mejora de la Efectividad Global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.

- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

El modelo original TPM propuesto por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas sugiere utilizar pilares específicos para acciones concretas diversas, las cuales se deben implementar en forma gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene.

## CAPITULO 2.- TÉCNICAS PARA LA MEJORA DEL TPM

Las técnicas para la mejora del TPM son herramientas que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto de maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos interfuncionales, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de TPM de la mejor manera aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. Si una organización cuenta con actividades de mejora similares, simplemente podrá incorporar dentro de su proceso nuevas herramientas desarrolladas en el entorno TPM. No deberá modificar su actual proceso de mejora que aplica actualmente. Estas técnicas ayudan a eliminar los distintos problemas que se presenten a la hora de aplicar este sistema.

Las técnicas más utilizadas para la implementación de un sistema TPM son las siguientes:

- AMEF
- Kobetsu Kaizen
- Just In Time
- 5S's
- Seis Sigma
- Kanban
- TQM
- Poka-Yoke
- Jidoka
- Shojinka
- SMED

## 2.1 AMEF

El Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF) es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema para priorizarlos y poder concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta.

Los AMEFs fueron formalmente introducidos a finales de los 40's mediante el estándar militar 1629. Utilizados por la industria aeroespacial en el desarrollo de cohetes, los AMEFs y el todavía más detallado Análisis Crítico del Modo y Efecto de Falla (ACMEF) fueron de mucha ayuda en evitar errores sobre tamaños de muestra pequeños en la costosa tecnología de cohetes.

El principal empuje para la prevención de fallas vino durante los 60's mientras se desarrollaba la tecnología para enviar un hombre a la luna en la misión Apolo. Ford Motor Company motivados por los altos costos de demandas de responsabilidad civil introdujo los AMEFs en la industria automotriz a finales de los 70's para consideraciones de seguridad y requisitos regulatorios.

En 1993 Chrysler, Ford y GM crearon el documento "Potencial Failure Mode And Effects Analysis" que cubría los tipos vigentes de AMEF. El documento formo parte de la norma QS 9000 (Hoy conocida como ISO 16949).

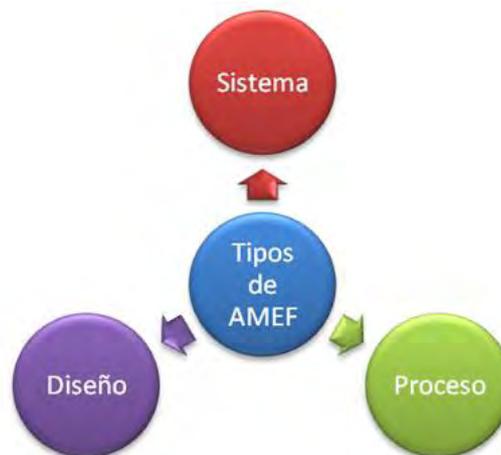
Los Beneficios de implementación de AMEF en un sistema son:

- Identifica fallas o defectos antes de que estos ocurran
- Reducir los costos de garantías
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios (reduce los tiempos de desperdicios y re-trabajos)
- Procesos de desarrollo más cortos
- Documenta los conocimientos sobre los procesos
- Incrementa la satisfacción del cliente
- Mantiene el Know-How en la compañía

### 2.1.1 TIPOS DE AMEF

- AMEF DE SISTEMA (S-AMEF) – Asegura la compatibilidad de los componentes del sistema
- AMEF DE DISEÑO (D-AMEF) – Reduce los riesgos por errores en el diseño.
- AMEF DE PROCESO (P-AMEF) – Revisa los procesos para encontrar posibles fuentes de error.

La figura 2.1 muestra los tipos de AMEF que existen.



*Figura 2.1 Tipos de AMEF*

### 2.1.2. Etapas de AMEF

En la figura 2.2 se pueden observar las características principales de cada una de las etapas del AMEF.

S-AMEF	D-AMEF	P-AMEF
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Planeacion del Proyecto y definicion.</b></li> <li>• Asegura la compatibilidad de los componentes del sistema</li> <li>• Despues de que las funciones del sistema se definen, aunque sea antes de seleccionar el hardware especifico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Diseño del Producto/servicio</b></li> <li>• Se usa para analizar componentes de diseños. Se enfoca hacia los modos de falla asociados con la funcionalidad de un componente u operacion causados por el diseño.</li> <li>• Despues de que las funciones del producto son definidas, aunque sea antes de que el diseño sea aprobado y entregado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Diseño del proceso y desarrollo.</b></li> <li>• Se usa para analizar los procesos de instalacion, fabricacion y ensamble. Se enfoca a la incapacidad para producir el requerimiento que se pretende, un defecto.</li> <li>• Cuando los dibujos preliminares del producto y sus especificaciones estan disponibles.</li> </ul>

Figura 2.2 Etapas del AMEF

El AMEF puede iniciarse cuando se presentes algunas de las siguientes situaciones:

- Cuando el proceso es muy complejo.
- Cuando un producto o servicio nuevo está siendo diseñado.
- Cuando un proceso es creado, mejorado o rediseñado.
- Cuando productos existentes, servicios, o procesos son usados en formas nuevas o nuevos ambientes.

### 2.1.3 PASOS PARA REALIZAR UN AMEF

Para llevar a cabo el proceso de realización de un AMEF es necesario seguir los siguientes pasos:

- 1) Determine el producto o proceso a analizar
- 2) Determinar los posibles modos de falla

- 3) Listar los efectos de cada potencial modo de falla.
- 4) Asignar el grado de severidad de cada efecto (Severidad a La consecuencia de que la falla ocurra)
- 5) Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla (Ocurrencia a la probabilidad de que la falla ocurra)
- 6) Asignar el grado de detección de cada modo de falla (Detección a la probabilidad de que la falla se detectada antes de que llegue al cliente)
- 7) Calcular el NPR (Numero Prioritario de Riesgo) de cada efecto (NPR =Severidad\*Ocurrencia\*Detección)
- 8) Priorizar los modos de falla
- 9) Tomar acciones para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla
- 10) Calcular el nuevo resultado del NPR para revisar si el riesgo ha sido eliminado o reducido.

En la figura 2.3 se muestran los elementos básicos de un programa AMEF.

Elementos Básicos de un Programa AMEF								
Elementos	Modo y Efecto(s) Potenciales de la Falla	Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Causas y Controles de Prevención y Detección	NRP Inicial (S x O x D)	Acciones y Cartera de Proyectos	Resultados (NRP Final)
Función Proceso Característica Diseño Elemento Servicio Sistema Componente	Proceso de Análisis y Detección de Áreas de Oportunidad (Fallas)	De 10 a 1 De Peligroso a Ninguno	De 10 a 1 De Muy Alto a Bajo	De 10 a 1 De Casi Imposible a Seguro	Identificar y Análizar las Causas Raíz y Determinar los Controles de Prevención y de Detección	Priorizar en Base al NRP Inicial Mayor	Cartera de Proyectos Eventos Kaizen Cambios Acciones Correctivas Preventivas	Evaluación de Acciones y Monitoreo Autorías, Indicadores y Seguimiento

Figura 2.3 Elementos básicos de un programa AMEF

#### 2.1.4 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SEVERIDAD

El grado de severidad es una valoración del perjuicio ocasionado por el efecto del fallo del artículo o sistema entregado al cliente.

Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10: el '1' indica una consecuencia sin efecto, el 10 indica una consecuencia grave, la tabla 2.1 nos muestra los niveles para poder determinar el grado de severidad.

Efecto	Rango	Criterio
No	1	Sin efecto
Muy poco	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Poco	3	Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Menor	4	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Moderado	5	
Significativo	6	El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial pero operable.
Mayor	7	El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.
Extremo	8	El cliente muy insatisfecho. Artículo inoperable pero a salvo. Sistema inoperable.
Serio	9	Efecto de peligro potencial. Capaz de discontinuar el uso sin perder tiempo, dependiendo de la falla. Se cumple el reglamento del gobierno en materia de riesgo.
Peligro	10	Efecto peligroso. Seguridad relacionada, falla repentina. Incumplimiento con reglamento del gobierno.

*Tabla 2.1 Grado de severidad del AMEF*

### **2.1.5 ASIGNAR VALOR DE OCURRENCIA**

El valor de ocurrencia se refiere a la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, suponiendo que aparezca, llegue al cliente.

Para asignar el valor de ocurrencia se toma en cuenta la tabla 2.2.

Ocurrencia	Rango	Criterios	Probabilidad de falla
Remota	1	Falla improbable. No existen fallas asociadas con este producto o con un producto casi idéntico.	<1 en 1,500,000
Muy poca	2	Sólo fallas aisladas asociadas con este proceso o con un proceso casi idéntico.	1 en 150,000
Poca	3	Fallas aisladas asociadas con procesos similares.	1 en 30,000
Moderada	4 5 6	Este proceso o uno similar han tenido fallas ocasionales.	1 en 4,500 1 en 800 1 en 150
Alta	7 8	Este proceso o uno similar han fallado a menudo.	1 en 50 1 en 15
Muy alta	9 10	La falla es casi inevitable.	1 en 6 >1 en 3

*Tabla 2.2 Asignación de valor de ocurrencia.*

### **2.1.6 ASIGNAR UN VALOR DE DETENCIÓN**

El valor de detección se refiere a la probabilidad de poder identificar la causa y/o falla del artículo o servicio.

Para asignar un valor de detención se toma en cuenta la tabla 2.3.

Probabilidad	Rango	Criterio	Probabilidad de detección de fallas
Alta	1	El defecto es una característica funcionalmente obvia.	99.99%
Medianamente alta	2-5	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia.	99.7%
Baja	6-8	El defecto es una característica fácilmente identificable.	98%
Muy baja	9	No es fácil detectar la falla por métodos usuales o pruebas manuales. El defecto es una característica oculta o intermitente.	90%
Improbable	10	La característica no se puede checar fácilmente en el proceso. Ej: Aquellas características relacionadas con la durabilidad del producto.	Menor a 90%

Tabla 2.3 Asignación de valor de detención

### 2.1.7 CÁLCULO DEL NPR

El Número Prioritario de Riesgo (NPR) es un valor que establece una jerarquización de los problemas que resulta de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección; éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla, identificando ítems críticos. En la tabla 2.4 se puede observar la valoración dada al NPR.

NPR = Ocurrencia * Severidad * Detección	
Prioridad de NPR	
500 – 1000	Alto riesgo de falla
125 – 499	Riesgo de falla medio
1 – 124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

Tabla 2.4 Valoración del NPR

## 2.2 KOBETZU KAIZEN

El método Kaizen es una herramienta de calidad proveniente de la filosofía japonesa que busca una mejora continua de todos aspectos de la organización, incluyendo a las personas que forman parte de ella. El objetivo primero y fundamental es mejorar para dar al cliente o consumidor el mayor valor agregado, mediante una mejora continua y sistemática de la calidad, los costes, los tiempos de respuestas, la variedad, y mayores niveles de satisfacción.

Esta herramienta requiere un cambio cultural y esto exige años pero sobre todo un personal bien formado, motivado y participativo.

Los pasos para el desarrollo del Kaizen son 7 como se muestra en la figura 2.4. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

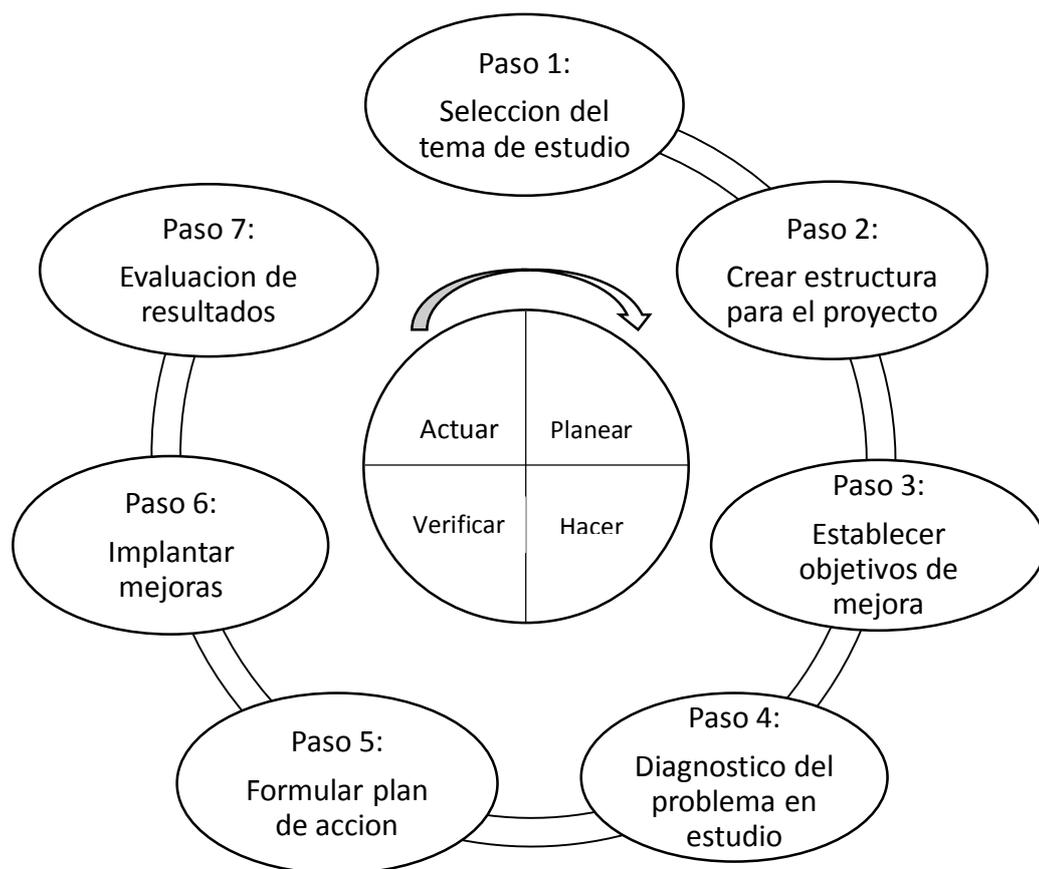


Figura 2.4 Pasos para el desarrollo del Kaizen.

### ***Paso 1. Selección del tema de estudio.***

El tema de estudio puede seleccionarse empleando diferentes criterios:

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

### ***Paso 2. Crear la estructura para el proyecto***

La estructura frecuentemente utilizada es la del equipo interfuncional. En esta clase de equipos intervienen trabajadores de las diferentes áreas involucradas en el proceso productivo como supervisores, operadores, personal técnico de mantenimiento, compras, almacenes, proyectos, ingeniería de proceso y control de calidad. Es necesario recordar que uno de los grandes propósitos del TPM es la creación de fuertes estructuras interfuncionales participativas.

Consideramos que un alto factor en el éxito de los proyectos de Mejora Enfocada radica en una adecuada gestión del trabajo de los equipos; esto es, un buen plan de trabajo, seguimiento y control del avance, como también, la comunicación y respaldo motivacional por parte de la dirección superior.

En las empresas japonesas es frecuente encontrar un tablero de control visual donde se registran los diferentes equipos, su avance y estado actual. Esta clase de tableros visuales producen un efecto motivacional, especialmente cuando algunos de los equipos se encuentran avanzados en su trabajo o de presión cuando se encuentran detenidos durante un largo período de tiempo sin actuar.

### ***Paso 3. Identificar la situación actual y formular objetivos***

En este paso es necesario un análisis del problema en forma general y se identifican las pérdidas principales asociadas con el problema seleccionado. En esta fase se debe recoger o procesar la información sobre averías, fallos, reparaciones y otras estadísticas sobre las pérdidas por problemas de calidad, energía, análisis de capacidad de proceso y de los tiempos de operación para identificar los cuellos de botella, paradas, etc. Esta información se debe presentar en forma gráfica y estratificada para facilitar su interpretación y el diagnóstico del problema.

Una vez establecidos los temas de estudio es necesario formular objetivos que orienten el esfuerzo de mejora. Los objetivos deben contener los valores numéricos que se pretenden alcanzar con la realización del proyecto.

### ***Paso 4: Diagnóstico del problema***

Antes de utilizar técnicas analíticas para estudiar y solucionar el problema, se deben establecer y mantener las condiciones básicas que aseguren el funcionamiento apropiado del equipo. Estas condiciones básicas incluyen: limpieza, lubricación, chequeos de rutina, apriete de tuercas, etc. También es importante la eliminación completa de todas aquellas deficiencias y las causas del deterioro acelerado debido a fugas, escapes, contaminación, polvo, etc. Esto implica realizar actividades de mantenimiento autónomo en las áreas seleccionadas como piloto para la realización de las mejoras enfocadas.

Las técnicas analíticas utilizadas con mayor frecuencia en el estudio de los problemas del equipamiento provienen del campo de la calidad. Debido a su facilidad y simplicidad, tienen la posibilidad de ser utilizadas por la mayoría de los trabajadores de una planta.

Sin embargo, existen otras técnicas de desarrollo en TPM que permiten llegar a eliminar en forma radical los factores causales de las averías de los equipos. Las técnicas más empleadas por los equipos de estudio son:

- Método Why & Why conocida como técnica de conocer por qué.

- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFES)
- Análisis de causa primaria
- Método PM o de función de los principios físicos de la avería
- Técnicas de Ingeniería del Valor
- Análisis de datos
- Técnicas tradicionales de Mejora de la Calidad: siete herramientas
- Análisis de flujo y otras técnicas utilizadas en los sistemas de producción Justo a Tiempo

### ***Paso 5: Formular plan de acción***

Una vez que se han investigado y analizado las diferentes causas del problema, se establece un plan de acción para la eliminación de las causas críticas. Este plan debe incluir alternativas para las posibles acciones. A partir de estas propuestas se establecen las actividades y tareas específicas necesarias para lograr los objetivos formulados. Este plan debe incorporar acciones tanto para el personal especialista o miembros de soporte como ingeniería, proyectos, mantenimiento, etc., como también acciones que deben ser realizadas por los operadores del equipo y personal de apoyo rutinario de producción como maquinistas, empacadores, auxiliares, etc.

### ***Paso 6: Implementar mejoras***

Una vez planificadas las acciones con detalle se procede a implementarlas. Es importante durante la implementación de las acciones contar con la participación de todas las personas involucradas en el proyecto incluyendo el personal operador. Las mejoras no deben ser impuestas ya que si se imponen por orden superior no contarán con un respaldo total del personal operativo involucrado. Cuando se pretenda mejorar los métodos de trabajo, se debe consultar y tener en cuenta las opiniones del personal que directa o indirectamente intervienen en el proceso.

### ***Paso 7: Evaluar los resultados***

Es muy importante que los resultados obtenidos en una mejora sean publicados en una cartelera o paneles, en toda la empresa lo cual ayudará a asegurar que cada área se beneficie de la experiencia de los grupos de mejora. El comité u oficina encargada de coordinar el TPM debe llevar un gráfico o cuadro en la cual se controlen todos los proyectos, y garantizar que todos los beneficios y mejoras se mantengan en el tiempo.

### **2.3 JUST IN TIME**

“Just in time” (que también se usa con sus siglas JIT), literalmente quiere decir “Justo a tiempo”. Es una filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción. Se trata de entregar materias primas o componentes a la línea de fabricación de forma que lleguen “justo a tiempo” a medida que son necesarios.

El JIT no es un medio para conseguir que los proveedores hagan muchas entregas y con absoluta puntualidad para no tener que manejar grandes volúmenes de existencia o componentes comprados, sino que es una filosofía de producción que se orienta a la demanda.

La ventaja competitiva ganada deriva de la capacidad que adquiere la empresa para entregar al mercado el producto solicitado, en un tiempo breve, en la cantidad requerida. Evitando los costos que no producen valor, para obtener precios competitivos, la figura 2.5 muestra la ventaja de utilizar el sistema JIT.

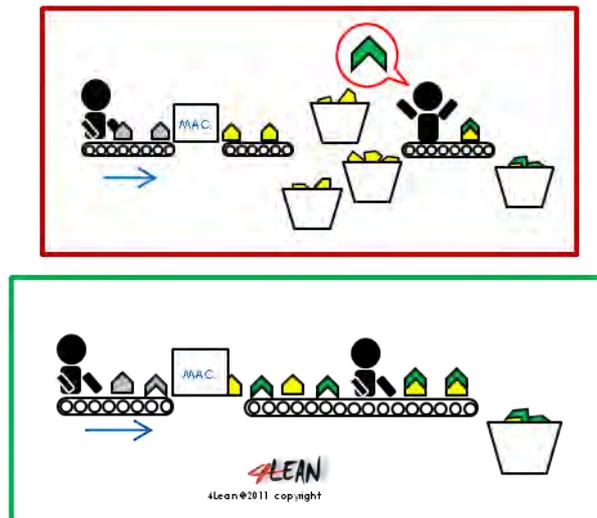


Figura 2.5 Reducción de costos en JIT.

### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL JIT

Estas son algunas de las características del JIT:

- Poner en evidencia los problemas fundamentales.
- Eliminar desperdicios.
- Buscar la simplicidad.
- Diseñar sistemas para identificar problemas.

Estos principios forman una estructura alrededor de la cual se puede formular la aplicación del sistema JIT.

Para describir el primer objetivo de la filosofía JIT los japoneses utilizan la analogía del “río de las existencias”.

El nivel del río representa las existencias y las operaciones de la empresa se visualizan como un barco. Cuando una empresa intenta bajar el nivel del río, en otras palabras, reducir el nivel de las existencias, descubre rocas, es decir, problemas.

Este paso se centra en la identificación de los problemas existentes en el área donde aplicaremos el JIT.

## ***Eliminar despilfarros***

Eliminar despilfarros implica eliminar todas las actividades que no añaden valor al producto con lo que se reducen costos, mejora la calidad, reduce los plazos de fabricación y aumenta el nivel de servicio al cliente.

En este caso el enfoque JIT consiste en:

- Hacerlo bien a la primera.
- El operario asume la responsabilidad de controlar, es decir, el operario trabaja en autocontrol.
- Garantizar el proceso mediante el control estadístico (SPC).
- Analizar y prevenir los riesgos potenciales que hay en un proceso.
- Reducir stocks al máximo.

## ***La simplicidad***

El JIT pone mucho énfasis en la búsqueda de la simplicidad, basándose en el hecho de que es muy probable que los enfoques simples conlleven una gestión más eficaz.

El primer tramo del camino hacia la simplicidad cubre dos zonas:

- Flujo de material
- Control de estas líneas de flujo

Un enfoque simple respecto al flujo de material es eliminar las rutas complejas y buscar líneas de flujo más directas, si es posible unidireccionales. Otro es agrupar los productos en familias que se fabrican en una línea de flujo, con lo que se facilita la gestión en células de producción “minifactorías”.

La simplicidad del JIT también se aplica al manejo de estas líneas de flujo. Un ejemplo es el sistema Kanban, en el que se arrastra el trabajo.

### ***Establecer sistemas para identificar los problemas***

Con los sistemas de arrastre/Kanban se sacan los problemas a la luz. Otro ejemplo es el uso del control de calidad estadístico que ayuda a identificar la fuente del problema.

Con el JIT cualquier sistema que identifique los problemas se considera beneficioso y cualquier sistema que los enmascare, perjudicial.

Si realmente se quiere aplicar el JIT en serio se tienen que hacer 2 cosas:

- Establecer mecanismos para identificar los problemas
- Estar dispuestos a aceptar una reducción de la eficiencia a corto plazo con el fin de obtener una ventaja a largo plazo.

### **2.3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA JUST IN TIME**

La implementación del JIT se puede dividir en 5 fases:

- Primera Fase: Cómo poner el sistema en marcha
- Segunda Fase: Mentalización como clave del éxito
- Tercera Fase: Mejorar los procesos
- Cuarta Fase: Mejoras en el control
- Quinta Fase: Relación cliente/proveedor

#### ***Primera fase:***

##### ***Cómo poner el sistema en marcha***

Esta primera fase establece la base sobre la cual se construirá la aplicación. La aplicación JIT exige un cambio en la actitud de la empresa y esta primera fase será determinante para conseguirlo. Para ello será necesario dar los siguientes pasos:

- Comprensión básica.
- Análisis de costo/beneficio.
- Compromiso.

- Decisión si/no para poner en práctica el JIT.
- Selección del equipo de proyecto para el JIT.
- Identificación de la planta piloto.

### **Segunda fase:**

#### ***Mentalización, clave del éxito***

Esta fase implica la educación de todo el personal. Se le ha llamado clave del éxito porque si la empresa escatima recursos en esta fase, la aplicación resultante podría tener muchas dificultades.

Un programa de educación debe conseguir dos objetivos:

- Debe proporcionar una comprensión de la filosofía del JIT y su aplicación en la industria.
- El programa debe estructurarse de tal forma que los empleados empiecen a aplicar la filosofía JIT en su propio trabajo.

No se debe confundir esta etapa de la educación con la formación. Educación significa ofrecer una visión más amplia, describir cómo encajan los elementos entre sí. La formación, en cambio, consiste en proporcionar un conocimiento detallado de un aspecto determinado.

### **Tercera fase:**

#### ***Mejorar los procesos***

El objetivo de las dos primeras fases es ofrecer el entorno adecuado para una puesta en práctica satisfactoria del JIT. La tercera fase se refiere a cambios físicos del proceso de fabricación que mejorarán el flujo de trabajo.

Los cambios de proceso tienen tres formas principales:

- Reducir el tiempo de preparación de las máquinas.
- Mantenimiento preventivo.
- Cambiar a líneas de flujo.

El tiempo de preparación es el tiempo que se tarda en cambiar una máquina para que pueda procesar otro tipo de producto. Para mejorar estos tiempos se utilizan herramientas como el SMED (cambio rápido herramientas). Un tiempo de preparación excesivo es perjudicial por dos razones principales.

En primer lugar, es un tiempo durante el cual la máquina no produce nada, de modo que los tiempos de preparación largos disminuyen el rendimiento de la máquina. En segundo lugar, cuanto más largo es, más grande tendería a ser el tamaño de lote, ya que, con un tiempo de preparación largo, no resulta económico producir lotes pequeños. Con los lotes grandes llegan los inconvenientes del alargamiento de los plazos de fabricación y aumento de los niveles de existencias.

A medida que disminuyen los niveles de existencias en una aplicación JIT, las máquinas poco fiables son cada vez más problemáticas. Y la reducción de los stocks implicaría que si una máquina sufre una avería, les faltará material a las máquinas siguientes. Para evitar que esto suceda, la aplicación JIT deberá incluir un programa de mantenimiento preventivo para ayudar a garantizar una gran fiabilidad del proceso. Esto se puede conseguir delegando a los operarios la responsabilidad del mantenimiento rutinario.

El flujo de trabajo a través del sistema de fabricación puede mejorar sustituyendo la disposición más tradicional por líneas de flujo (normalmente en forma de U). De esta forma el trabajo puede fluir rápidamente de un proceso a otro, ya que son adyacentes, reduciéndose así considerablemente los plazos de fabricación.

#### ***Cuarta fase:***

##### ***Mejoras en el control***

La forma en que se controle el sistema de fabricación determinará los resultados globales de la aplicación del JIT. El principio de la búsqueda de la simplicidad proporciona la base del esfuerzo por mejorar el mecanismo de control de fabricación:

- Sistema tipo arrastre.
- Control local en vez de centralizado.
- Control estadístico del proceso.
- Calidad en el origen (autocontrol, programas de sugerencias, etc.).

**Quinta fase:**

***Relación cliente-proveedor***

Constituye la fase final de la aplicación del JIT. Hasta ahora se han descrito los cambios internos cuya finalidad es mejorar el proceso de fabricación. Para poder continuar el proceso de mejora se debe integrar a los proveedores externos y a los clientes externos.

Esta quinta fase se debe empezar en paralelo con parte de la fase 2 y con las fases 3 y 4, ya que se necesita tiempo para discutir los requisitos del JIT con los proveedores y los clientes, y los cambios que hay que realizar requieren tiempo. Es importante la selección de proveedores en base a criterios logísticos (entre otros).

Con el JIT, el resultado neto es un aumento de la calidad, un suministro a más bajo costo, entrega a tiempo, proporcionándole mayor seguridad tanto al proveedor como para el cliente.

La figura 2.6 nos muestra cuales son los objetivos del JIT.

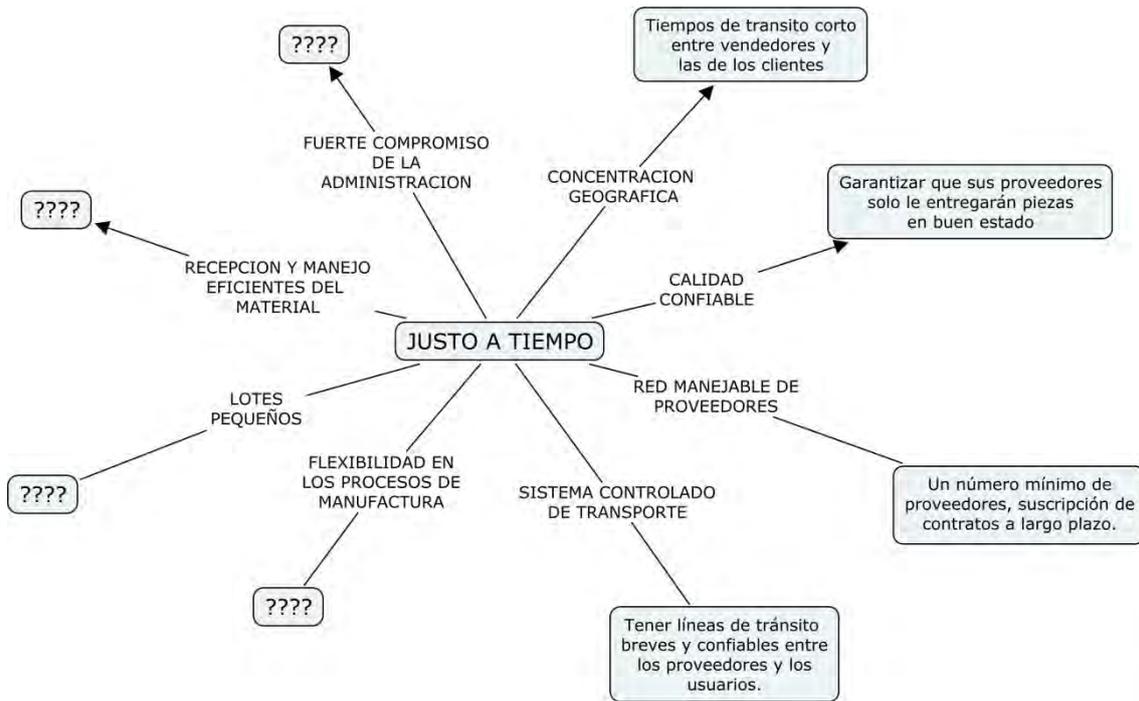


Figura 2.6 Objetivos del JIT

## 2.4 LAS CINCO ESES (5S's)

Desde el inicio del trabajo el hombre se adaptó a las circunstancias de los lugares donde laboraba, que eran generalmente sucios y desordenados en gran medida; esto ocasionaba que los tiempos perdidos por accidentes de trabajo y la búsqueda de herramientas, materiales y refracciones fueran muy elevado, y no existía conciencia de ello, esta característica siguió a lo largo de los años.

Seguramente mucho de esto lo vivió Hiroyuki Hirano y su primer gran acierto fue presentarle al mundo, en 1995, su libro "5 Pillars of the visual Workplace" comúnmente llamados: "Las cinco eses", dicho libro mencionaba políticas y actividades muy conocidas, de las cuales hizo cinco grupos muy sencillos de entender para dar resultados fantásticos, pero que deberían cuidarse con celo porque exigían una atención esmerada con gente de toda la empresa motivada y capaz.

Las cinco eses vienen debido a las palabras japonesas utilizadas en el grupo que estructuró Hiroyuki Hirano los cuales se pueden ver en la tabla 2.5.

LAS CINCO ESES	
Japonés	Español
Seiri	Organización
Seiton	Orden
Seiso	Limpieza
Seiketsu	Estandarización
Shitsuke	Disciplina

Tabla 2.5 Pilares del sistema de las 5S's

### 2.4.1 PRIMER PILAR (ORGANIZACIÓN)

Seiri = Organización

Retirar del lugar de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de cualquier índole que se desarrollen.

Para obtener esto se nos enseña a analizar cada objeto, contestando tres preguntas como se puede observar en la figura 2.7.

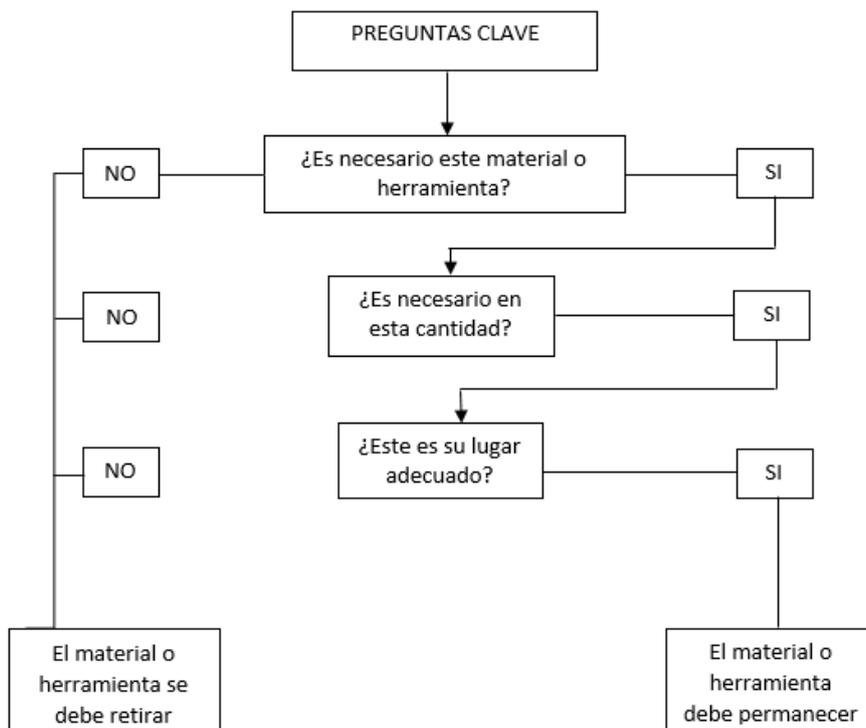


Figura 2.7 Esquema con preguntas clave.

El responsable de la implementación y funcionamiento de las 5S's, de acuerdo con las políticas y los procedimientos al respecto emitidos por la alta dirección, analiza, evalúa y decide lo que debe hacerse con los ítems (objetos) que fueron retirados los cuales pueden tener los siguientes destinos:

- Distribuir entre otras entidades de la empresa.
- Alquilar a terceros.
- Regresar al proveedor (si es posible).
- Venderlos (ya sea al personal de la empresa o fuera de ella).
- Tirar como basura (observando las normas ecológicas).

#### **2.4.2 SEGUNDO PILAR (ORDEN)**

Seiton = Orden

Acomodar u ordenar todos los elementos que son necesarios de manera que sean fáciles de encontrar, usar y guardar; etiquetándolos para facilitar sus operaciones.

Es conveniente que mientras se avanza en la organización (primer pilar), se emprendan al mismo tiempo trabajos de este segundo con todos aquellos ítems que se han decidido que permanezcan en el lugar de trabajo, éstos por razón natural ocupan un lugar, por eso es muy conveniente decidir cuál es el mejor lugar para cada ítem, y de esta manera, conseguir que exista un lugar para cada cosa y que cada cosa tenga su lugar.

Existen criterios para poder ordenar los ítems de manera adecuada los cuales se pueden clasificar por:

- **Por la frecuencia de uso.** Los usados con mayor frecuencia se colocan en el lugar de uso, y los de poca frecuencia fuera del lugar de uso.
- **Por la facilidad de uso.** Siempre que sea posible se deben instalar aditamentos necesarios para permitir que la herramienta después de usada regrese a su lugar.

- **Por la facilidad de localización.** Las herramientas deben estar siempre a la vista, preferentemente en una pared con su contorno y su número indicado.
- **Por el tipo de uso.** Se pueden ordenar de dos formas, con respecto a la **función** (para trabajar en albañilería, herrería, mecánica, etc.) o basado en el **producto** que se elabora (hacer lápices, instalaciones eléctricas, etcétera).
- **Evite el uso de herramientas multifuncionales.** Es complicado su uso y su orden. (No se pueden ocupar para otras funciones al mismo tiempo.)

### 2.4.3 TERCER PILAR (LIMPIEZA)

Seiso = Limpieza

Este pilar asegura que todo en la empresa permanezca en condiciones óptimas para el trabajo.

Esta definición menciona que la limpieza debe ser constante, ya que con eso se conserva tanto la salud física como la psíquica de todos los que ahí trabajan, con ello hay menos errores, las maquinas reciben una mejor atención de sus operadores y del personal de mantenimiento. Se debe tener presente que toda limpieza comienza por una inspección cuidadosa de lo que se quiere quitar (quitar grasas, rebabas, restos de soldaduras, piezas rotas, charcos de agua o aceite, etcétera).

Dicha inspección debe tener en cuenta los pasos siguientes:

- **Establecer los objetivos de limpieza para el almacén.** Incluyendo su meta, acción y tiempo.
- **Fijar las asignaciones de trabajo de limpieza.** La empresa se divide en “áreas de limpieza”, y éstas son designadas a determinadas personas.
- **Estipular los métodos de limpieza.** Establecer lo que se debe hacer, cómo hacerlo y qué herramientas y materiales usar.

- **Disponer de las herramientas de limpieza.** Ponerlas en el lugar adecuado para que sean fáciles de encontrar, utilizar y volverlas a guardar.
- **Poner en práctica la limpieza.** Adiestrar al trabajador por medio de personal que sepa cómo hacer la limpieza y verificar que se actúe hasta alcanzar la meta prevista.

#### **2.4.4 CUARTO PILAR (ESTANDARIZACIÓN)**

##### **Seiketsu = Estandarización**

La estandarización significa mantener estructurados y en funcionamiento adecuado los tres primeros pilares: organización, orden y limpieza.

Si no estandarizamos, al poco tiempo regresamos a los hábitos no deseados; lo mismo pasará en una empresa si cada quien no cumple con su trabajo, de manera que en poco tiempo la empresa volverá al estado inicial.

El objetivo básico de la estandarización es formar un hábito diario en el personal que impida el retroceso de lo conseguido al estructurar los tres pilares y permita su plena implementación, de tal manera que la organización, el orden y la limpieza existan por siempre en el temperamento, actitud y cultura de cada persona perteneciente a la empresa o proveedor de la misma.

El trabajo ocasionado por atender los cinco pilares debe ser obligatorio, pero breve y formar parte del trabajo diario de cada trabajador.

#### **2.4.5 QUINTO PILAR (DISCIPLINA)**

##### **Shitsuke = Disciplina**

La disciplina es el hábito de preservar adecuadamente los procedimientos correctos.

Esta definición informa lo que realmente es la disciplina en el contexto de las 5S's, no es un castigo, más bien corresponder a que cada persona moldee su temperamento para proceder de manera natural y sin pesar para realizar todo

lo necesario a fin de hacer las cosas bien a la primera. El pensar en los logros que obtendremos si desempeñamos nuestro trabajo y en los sucesos negativos que desencadenarán si no cumplimos, ayudará a mejorar la autodisciplina.

Sin disciplina los cuatro pilares se deterioraran rápidamente, es decir, empiezan a proliferar herramientas o cosas mal acomodadas y la sensación de derrotismo principia a posesionarse del ambiente de trabajo. Es indispensable comprender a fondo las 5S's a fin de reconocer que no se necesita estar inmerso en el TPM para aplicarlas tanto en la empresa como en el hogar o en forma personal, y mejorar de manera sustancial nuestras vidas.

La figura 2.8 hace referencia al ciclo de las 5S's.



Figura 2.8 Ciclo de las 5S's.

## **2.5 SEIS SIGMA**

Esta filosofía se inicia en los años 80's como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, introducida por Motorola, la cual ha sido ampliamente difundida y adoptada por otras empresas de clase mundial.

Seis Sigma, es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3, 4 defectos por millón.

Es un método de mejora de procesos que se basa en la reducción de la variabilidad de los mismos, lo que se busca es reducir o eliminar defectos en la entrega de un servicio o producto, tratándose de un proceso. El objetivo de Seis Sigma es reducir al mínimo los errores que se producen en un proceso, para ello es necesario comprender este proceso y profundizar en él hasta desgranar cada una de sus piezas.

Los principios del  $6\sigma$  son: liderazgo comprometido de arriba abajo, orientación al cliente y enfocada a los procesos, dirigida con datos, metodología estricta, se generan ahorros y aumentas ventas, planificación de proyectos a largo plazo y la comunicación a todos los niveles.

### **2.5.1 BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR SEIS SIGMA**

Implementar Seis Sigma en una organización crea una cultura interna de individuos educados en una metodología estandarizada de caracterización, optimización y control de procesos.

#### **¿Por qué procesos?**

Porque la actividad repetitiva envuelta en el aprovisionamiento de un servicio o en la confección de un producto constituye un proceso.

### **¿Por qué optimizar y mejorar los procesos?**

Para que los procesos sean simplificados, reduciendo el número de pasos y volverlos más rápidos y eficientes. Al mismo tiempo, esos procesos son optimizados para que no generen defectos y no presenten oportunidades de error.

### **¿Por qué buscar la eliminación de defectos, fallas o errores?**

Por dos motivos. Primero, porque ellos vuelven a los productos y servicios más caros. Y cuanto más caros ellos fuesen, menos probable será la posibilidad o voluntad de las personas a comprarlos. Segundo, porque defectos, errores y fallas defraudan a los clientes, y clientes insatisfechos devuelven los productos o no compran más servicios. Cuanto mayor el número de clientes insatisfechos con productos y servicios, mayor la tendencia de perder espacio en el mercado. Al perderse parte del mercado, se pierde también parte del ingreso bruto. Si el ingreso bruto disminuye, la organización no consigue contratar o mantener sus empleados. Sin empleados e ingresos, la organización no consigue mantenerse en el mercado.

Esta metodología tiene 5 etapas: Definir el problema o defecto, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (D-M-A-M-C).

#### **Definir el problema o defecto.**

Se identifican los posibles proyectos Seis Sigma, que deben ser evaluados por la dirección para evitar la infrautilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto se prepara su misión y se selecciona el equipo más adecuado para el proyecto, asignándole la prioridad necesaria.

#### **Medir**

Consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos claves de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta

caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

### **Analizar**

En esta fase, el equipo analiza los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o “pocos vitales” que afectan a las variables de respuesta del proceso.

### **Mejorar**

En esta fase, el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

### **Controlar**

Consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se da por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

## **2.6 KANBAN**

Kanban es una palabra japonesa que viene a significar cartel o panel, elemento clave de este método productivo. El sistema Kanban como tal surgió en Toyota, el fabricante japonés de automóviles, para organizar mejor su producción de vehículos dividiendo el proceso en fases bien delimitadas que se tenían que cubrir correctamente para pasar a la siguiente fase, garantizando así un producto de calidad. De este sistema, aplicado a la industria de la automatización, surgió el método Kanban, ideado por David J. Anderson y que adapta la filosofía original al desarrollo de software, un proceso con muchos puntos en común con el industrial, con diferentes fases, equipos de trabajo y el requisito

de que cada pieza del programa a crear funcione correctamente y sea de la mejor calidad posible. El método Kanban en su versión moderna aplicada al software se usó por primera vez en Microsoft, y desde entonces ha sido aplicado en cientos de proyectos de todo el mundo.

### **2.6.1 BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR KANBAN**

#### **Ventajas en los procesos productivos:**

- Aumenta la flexibilidad de los procesos de producción y transporte.
- Si se usa un sistema informatizado, permite conocer la situación de todos los ítems en cada momento y dar instrucciones basadas en las condiciones actuales de cada área de trabajo.
- Prevenir el trabajo innecesario y prevenir el exceso de papeleo innecesario.

#### **Ventajas en las operaciones logísticas:**

- Mejor control del stock de material.
- Posibilidad de priorizar la producción: el tipo de producto con más importancia o urgencia se pone primero que los demás.
- Se facilita el control de material.

### **2.6.2 PASOS PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA KANBAN**

Esta herramienta se implementa mediante 4 fases:

**Fase 1:** Diseñar el sistema Kanban que se usará posteriormente y formar al personal en los principios de esta herramienta y los beneficios de usarlo.

**Fase 2:** Implementar Kanban en aquellas líneas de producción y actividades con más actividad, donde se generan más problemas o donde sea más importante evitar fallos y retrasos. El entrenamiento con el personal debe continuar en la línea de producción.

**Fase 3:** Implementarlo en el resto de actividades. Se deben tomar en cuenta las opiniones de los trabajadores ya que ellos son los que mejor conocen el sistema.

**Fase 4:** En la última fase debe realizar la revisión del sistema Kanban, para mejorarlo en base a la experiencia previa.

### 2.6.3 REGLAS DEL KANBAN

La herramienta Kanban se basa en unas reglas y consejos que deben cumplirse para poder implementarla correctamente:

**La primera de las reglas** es que no se debe mandar producto defectuoso a los procesos subsecuentes. La producción de productos defectuosos implica costos tales como la inversión en materiales, equipo y mano de obra que no va a poder ser vendida.

**La segunda regla** es que los procesos subsecuentes requerirán solo lo necesario. Esto significa que el proceso subsecuente pedirá el material que necesita al proceso anterior, en la cantidad necesaria y en el momento adecuado.

**La tercera regla** dice que hay que producir solo la cantidad de producto requerido por el proceso siguiente, por lo que se debe restringir la producción a lo requerido y fabricar según llegue el pedido.

**La cuarta regla** afirma que hay que optimizar la producción, de manera que se pueda producir solamente la cantidad necesaria requerida por los procesos subsecuentes, se hace necesario para todos los procesos mantener el equipo y a los trabajadores de tal manera que puedan producir materiales en el momento necesario y en la cantidad necesaria.

**En la quinta regla** lo que se pretende es evitar las especulaciones: No vale especular sobre si el proceso subsecuente va a necesitar más material la siguiente vez. Tampoco, el proceso subsecuente puede preguntarle al proceso anterior si podría empezar el siguiente lote un poco más temprano. Es muy importante que esté bien balanceada la producción.

**La sexta y última regla** sirve para estabilizar y racionalizar los procesos. El trabajo defectuoso existe si el trabajo no está estandarizado y racionalizado, si esto no es tomado en cuenta seguirán existiendo partes defectuosas.

En la figura 2.9 se puede observar un ejemplo de aplicación de un sistema Kanban mediante fichas de identificación de una pieza.

Pieza No:	734789X
Descripción	Alambre de tonel
Unidad de Medida	metro
(Reorder Qty)	6
Lugar de almacenamiento	Pasillo 7, caja 17
Vendedor	Anaconda
Tel. del vendedor	593 04 515151
Código del vendedor	16GAX100
567	8990

*Figura 2.9 Ejemplo de Kanban.*

## **2.7 TQM**

La Gestión de la Calidad Total (abreviada TQM, del inglés Total Quality Management) es una estrategia de gestión desarrollada en las décadas de 1950 y 1960 por las industrias japonesas, a partir de las prácticas promovidas por el experto en materia de control de calidad W. Edwards Deming, impulsor en Japón de los círculos de calidad, también conocidos, en ese país, como “círculos de Deming” y Joseph Juran.

La TQM está orientada a crear conciencia de calidad en todos los procesos de organización y ha sido ampliamente utilizada en todos los sectores, desde la manufactura a la educación, el gobierno y las industrias de servicios. Se le denomina total porque concierne a la organización de la empresa globalmente considerada y a las personas que trabajan en ella.

La Gestión de la Calidad Total está compuesta por tres paradigmas:

- Gestión: el sistema de gestión con pasos tales como planificar, organizar, controlar, liderar, etc.
- Total: organización amplia.
- Calidad: con sus definiciones usuales y todas sus complejidades.

### 2.7.1 BENEFICIOS DEL TQM

La experiencia ha demostrado que tras implantar un sistema de calidad se consiguen resultados tales como:

- Aumento en la satisfacción del cliente.
- Trabajo interno de la empresa más eficaz.
- Incremento de la productividad.
- Mayores beneficios.
- Menores costos.
- Mayor calidad en los productos elaborados.

La calidad de un producto es, por tanto, una consecuencia de cómo una empresa está organizada, como se muestra en la figura 2.10 los objetivos del TQM deben estar bien definidos.



*Figura 2.10 Objetivos del TQM.*

## 2.8 POKA-YOKE

Esta herramienta fue introducida en Toyota en la década de los 60's, por el ingeniero Shigeo Shingo dentro de lo que se conoce como Sistema de Producción Toyota (TPS). Aunque con anterioridad ya existían Poka Yokes, no fue hasta su introducción en Toyota cuando se convirtieron en una técnica, hoy común, de calidad.

El Poka-Yoke es una técnica de aseguramiento de calidad. El término Poka-Yoke viene de la palabra japonesa "Poka" (errores inadvertidos) y "yoke" (prevenir). La idea esencial del Poka-Yoke es designar procesos en los que los errores sean imposibles o al menos fácilmente detectados y corregidos, la figura 2.11 nos muestra en ejemplo simple de este sistema. Existen dos grandes categorías en el Poka-Yoke: La prevención y la detección. Para un proceso a prueba de errores un elemento importante en la prevención, es el concepto de diseñar el proceso para que no tenga errores a través de la técnica a "prueba de errores".



*Figura 2.11 Diseños a prueba de error.*

### 2.8.1 TIPOS DE POKA-YOKE

1. **Tipo Contacto:** El uso de formas, dimensiones o algunas otras propiedades físicas para detectar el contacto o no contacto de una parte en especial.

2. **De número constante:** En caso de que un número de movimientos o actividades no son hechas, una señal de error se dispara.
3. **De secuencia de desempeño:** Asegura que los pasos a realizar se ejecutan en el orden correcto. Tal es el caso del uso de un checklist o el completar el llenado de registros en una secuencia lógica.

## Tipos de Errores

Existen diversos tipos de errores que se pueden presentar en los trabajadores de la organización al momento de realizar sus actividades como se ven a continuación en la tabla 2.6.

Errores	Ejemplos
Errores por olvido	Un trabajador puede olvidar ensamblar una pieza o cambiar la herramienta.
Errores por desconocimiento o inexperiencia	El uso de una máquina o herramienta sin tener el conocimiento de cómo utilizarla.
Errores de identificación	Se puede montar una pieza incorrecta porque no se ha visto bien o porque no es fácil distinguirla de otras
Errores voluntarios	El operario puede ignorar reglas o procedimientos pensando que no pasara nada.
Errores por inadvertencias	El operario puede distraerse y confundir distintas piezas o herramientas con las que trabaja.
Errores por lentitud	El operador puede tardar demasiado en realizar determinadas tareas y hace que los productos se deterioren (sacar a tiempo un producto de un torno).
Errores debidos a la falta de estándares	No está claro que hay que hacer en cada caso y determinadas medidas o tareas se realizan según el propio juicio del operario.
Errores por sorpresa	A veces una maquina puede funcionar defectuosamente sin dar muestras de anomalías.

Errores intencionales	Algunos operarios pueden cometer errores deliberadamente (sabotaje).
-----------------------	--

*Tabla 2.6 Tipos de errores.*

### **2.8.2 BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA POKA-YOKE**

- Cuando se evitan errores, se reduce el desperdicio y el proceso opera continuamente
- Refuerza procedimientos operacionales o secuenciales
- Asegura la calidad en la fuente no en el resultado
- Elimina las decisiones que llevan a las acciones incorrectas
- Económicos
- Específico para una necesidad determinada
- Simples y fáciles de implementar
- Desarrollado para todos los empleados

### **2.8.3 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA POKA-YOKE**

- 1) Identifique el problema de la operación o proceso que requiere un Poka-Yoke (áreas donde hay un número grande de errores o donde un solo error represente un costo alto).
- 2) Utilice los 5 porqués o el análisis causa y efecto para llegar a la causa raíz del problema
- 3) Decida el tipo de Poka-Yoke a utilizar y técnica para atacar el problema (puede haber razones técnicas o económicas).
- 4) Diseñe un Poka-Yoke adecuado.
- 5) Pruébalo para ver si funciona (evite un gasto alto antes de que haya completado este paso).

- 6) Una vez que ha seleccionado el tipo y técnica de Poka-Yoke, asegúrese que tiene las herramientas, listas de revisión, software, etc para que funcione correcta y consistentemente.
- 7) Capacite a todos acerca de cómo utilizar el sistema.
- 8) Después de que esté operando por un tiempo (el periodo de tiempo depende de la frecuencia de la actividad) revise el desempeño para asegurarse de que los errores han sido eliminados.

En conclusión deben de considerarse las reglas básicas cuando se quiere implementar un sistema Poka Yoke las cuales se observan en la figura 2.12.



*Figura 2.12 Reglas básicas del Poka Yoke.*

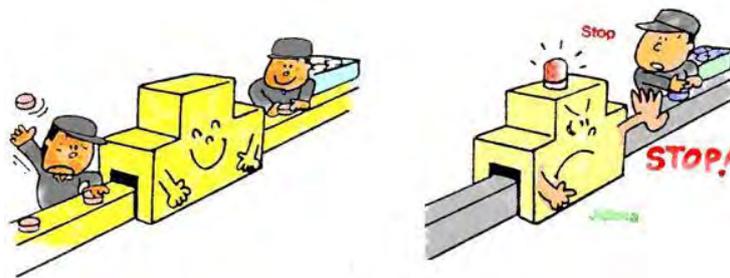
## 2.9 JIDOKA

La historia de Jidoka se remonta a los inicios de 1900, cuando el primer telar fue detenido debido a que el hilo se rompió. Este telar fue desarrollado por Toyota y para de trabajar inmediatamente, si algún hilo se rompe. Se considera a Taiichi Ohno como el inventor de esta idea y él describe esta herramienta como uno de los pilares del TPM. Shigeo Shingo lo llamó pre-automatización.

El concepto es autorizar al operario de la máquina y si en algún caso ocurre un problema en la línea de flujo, el operario puede parar la línea de flujo. En última instancia las piezas defectuosas no pasarán a la siguiente estación. Este

concepto minimiza la producción de defectos de desperdicio, sobre producción y minimiza los desperdicios. También su enfoque es comprender las causas de los problemas y luego tomar medidas preventivas para reducirlos.

El concepto de línea automatizada se empieza a utilizar para liberar a los trabajadores y minimizar errores relacionados con el humano. Si la máquina detecta algún defecto o problema, debería parar inmediatamente, la figura 2.13 hace referencia a esta situación.



*Figura 2.13 Cuando se detectan productos defectuosos, la máquina para.*

Las causas comunes de defecto son:

- Procedimientos operativos inapropiados
- Variación excesiva en las operaciones
- Materia prima defectuosa
- Error humano o de las máquinas

El concepto de Jidoka fue desarrollado debido a muchas razones, las más comunes son:

- Sobreproducción de bienes.
- Tiempo desperdiciado durante la fabricación en la máquina.
- Desperdicio de tiempo durante el traslado de material defectuoso de un lugar a otro.
- Desperdicio de tiempo durante el reprocesamiento de piezas defectuosas.
- Desperdicio de inventario.

### 2.9.1 BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR EL SISTEMA JIDOKA

- Ayuda en la detección del problema en etapas tempranas
- Ayuda a convertirse en organización de clase mundial
- La inteligencia humana es integrada a la maquinaria automatizada
- Se producen artículos libres de defectos “Defect free products are produced”
- Incrementa la mejora sustancial en la productividad de la organización
- Utilización efectiva de la mano de obra
- El artículo producido será de primera calidad
- Menor Tiempo de entrega de productos.
- Reducción en la tasa de falla del equipo.
- Incrementar el nivel de satisfacción del cliente.
- Aumentar la calidad del producto final
- Bajar costos (Internos, Externos y Costos de evaluación, etc.)

En la figura 2.14 se pueden observar algunos puntos los cuales pueden beneficiarse al aplicar el Jidoka.



*Figura 2.14 Algunos beneficios del Jidoka.*

## **2.9.2 PASOS PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA JIDOKA**

### ***1. Detectar la anomalía.***

Estas se pueden detectar tanto en los procesos en los que intervienen máquinas como en los procesos que intervienen personas. En el primer caso, se construyen mecanismos dentro de las máquinas, los cuales detectan anomalías y automáticamente paran la máquina durante el tiempo de ocurrencia. En el caso de personas, se les da la autoridad para detener una línea entera de producción.

### ***2. Parar.***

Se puede pensar que la línea de producción al ocurrir una anomalía toda la producción entra en una gran parada hasta que el problema sea resuelto. En realidad, las líneas de producción se pueden dividir en secciones y estas a su vez en estaciones de trabajo, de forma que cuando una estación de trabajo avisa de su problema, la línea sigue produciendo, teniendo un tiempo de ciclo para resolver el problema hasta que la sección de la línea entra en parada.

### ***3. Fijar o corregir la condición anormal.***

Para volver a este ritmo, se usarán distintas opciones como pueden ser:

- Poner a funcionar un proceso excepcional, ejemplo, Kanban (sistema de señal por tarjetas).
- Poner una unidad en estación de re trabajo.
- Parar la producción hasta que una herramienta rota sea arreglada.

### ***4. Investigar la causa raíces instalar las contramedidas.***

Para investigar la causa, se tiene que bajar al nivel del usuario del proceso para, por ejemplo, a través del método de “los cinco por qué” encontrar la raíz del problema. Una vez investigado se puede instalar una solución permanente que haga que este problema no vuelva a suceder.

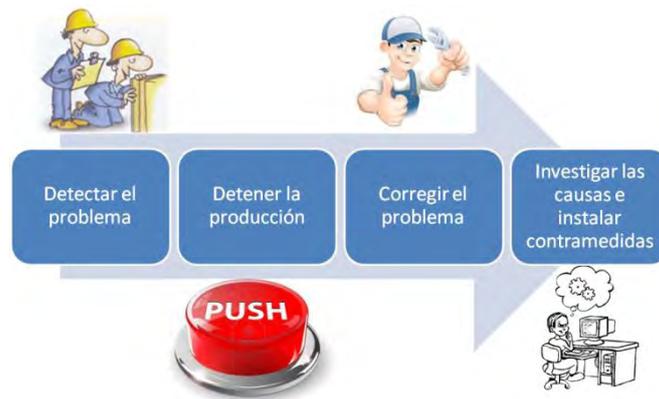


Figura 2.15 Pasos para implementar un sistema Jidoka.

## 2.10 SHOJINKA

Es el equivalente a programas de flexibilidad del personal, ya que se refiere a que los trabajadores pueden ocupar distintos puestos de trabajo por rotación, aumentando o disminuyendo su número en cada sección según los requerimientos de producción; con esto se consigue nivelar la demanda.

Shojinka equivale a incrementar la productividad mediante ajuste y reprogramación de los recursos humanos.

Para facilitar Shojinka aparecen como requisitos previos los tres factores siguientes:

- Diseño apropiado de la distribución en planta (lay-out)
- Personal versátil y bien entrenado, es decir, trabajadores polivalentes
- Evaluación continua y revisión periódica de la ruta estándar de operaciones.

La distribución en planta propia del Shojinka es la combinación de células / líneas en forma de U, ya que de esta forma el tipo de tareas a realizar por cada trabajador puede aumentarse o reducirse muy fácilmente. Sin embargo supone la existencia de personal polivalente

La polivalencia de los operarios se fomenta mediante el sistema de rotación de tareas.

Contemplado desde el punto de vista de un trabajador individual, Shojinka requiere que dicho trabajador sea capaz de responder a las variaciones del

ciclo de fabricación, de las rutas de operaciones y, en muchos casos de los contenidos de las tareas individuales.

Y finalmente, la revisión de la ruta estándar de operaciones se realiza mediante continuas mejoras aportadas por los propios trabajadores.

El propósito de estas mejoras es la reducción del número de trabajadores necesario incluso en un periodo de incremento de demanda

### 2.10.1 BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA SHOJINKA

1.- Se produce un mayor entendimiento por parte del trabajador del proceso completo.

2.-En el caso de incremento de capacidad de carga, se podrán ir incrementando recursos.

3.- Se consigue que el trabajador se sienta, por lo general, más identificado con la empresa, con lo que se disminuye la cantidad de conflictos.

4.- Potenciación de la concienciación de trabajo en grupo. En el caso de una empresa de producción, se sincroniza la entrada de una unidad de producto con una de salida. También se aplica en empresas de servicios. En muchas ocasiones y de acuerdo con la distribución física de los recursos, se tiende a una organización en forma de "U" incrementando la rentabilidad del proceso en cuestión. La figura 2.16 es un ejemplo de un sistema shojinka.

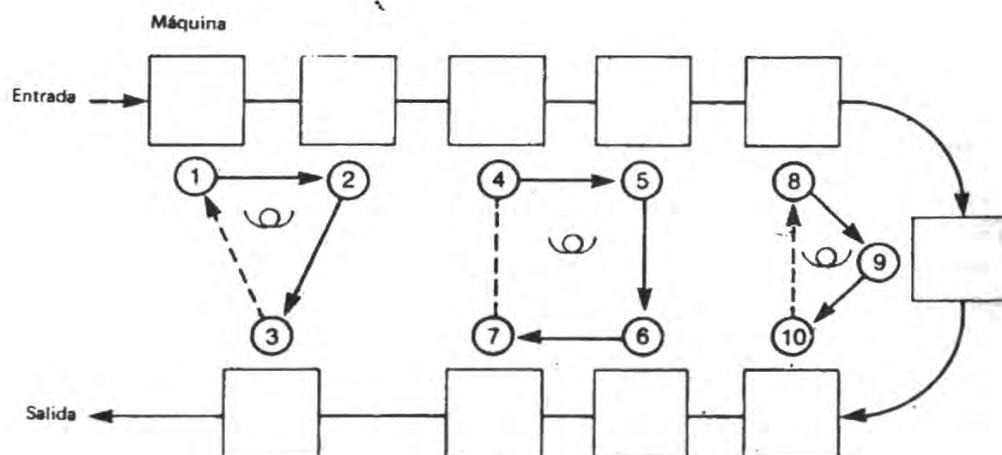


Figura 2.16 Ejemplo de sistema Shojinka.

Shojinka significa la alteración (disminución o aumento) del número de trabajadores en una sección cuando cambia a su vez la demanda de producción (por disminución o por incremento). Tiene un sentido especial, cuando el número de trabajadores debe reducirse por una disminución de la demanda.

## **2.11 SMED**

El sistema SMED nació por la necesidad de lograr la producción JIT (Just in Time), uno de las piedras angulares del sistema Toyota de fabricación y fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, intentando hacer lotes de menor tamaño (Esto significa que pueden satisfacer las necesidades de los clientes con productos de alta calidad y bajo costo, con rápidas entregas sin los costos de stocks excesivos).

Partiendo de las ideas y conceptos generados por Shigeo Shingo, las cuales permitieron hacer realidad el “Just in Time” como revolucionario sistema de producción, mediante la reducción a un dígito de minuto del tiempo necesario para cambiar las herramientas o preparar éstas a los efectos del siguiente proceso de producción, se hizo posible reducir a su mínima expresión los niveles de inventario, volviendo más flexibles los procesos productivos, reduciendo enormemente los costos e incrementando los niveles de productividad.

Es un sistema basado en acortar tiempos en el conjunto de operaciones que hay que realizar desde que se detiene la máquina para realizar el cambio de lote hasta que la máquina empieza a fabricar el siguiente producto.

En gestión de la producción, SMED es el acrónimo de Single-Minute Exchange of Die (cambio de herramienta en un solo dígito de minutos). Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase single minute. Se entiende por cambio de herramientas el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del

cambio y ajustes físicos de la maquinaria, la figura 2.17 muestra el cambio después de aplicar el SMED.

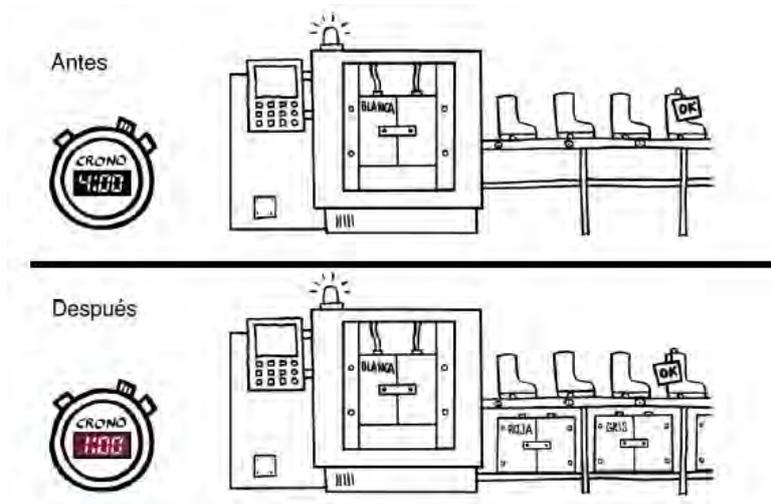


Figura 2.17 Aplicación del SMED en un sistema productivo.

Se distinguen dos tipos de ajustes:

**Ajustes/tiempos internos:** Corresponde a operaciones que se realizan a máquina parada, fuera de las horas de producción.

**Ajustes / tiempos externos:** Corresponde a operaciones que se realizan (o pueden realizarse) con la máquina en marcha, o sea durante el periodo de producción

### 2.11.1 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SMED

- Reducir el tiempo de preparación y aumento del tiempo de producción.
- Reducir el tamaño del inventario. La empresa puede pasar de trabajar contra almacén a fabricar bajo pedido.
- Reducir el tamaño de los lotes de producción.
- Capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda.
- Simplificación del área de trabajo.
- Mayor productividad.
- Motivación.
- Necesidad de operarios menos cualificados.

- Se evitan situaciones de riesgo.
- Se eliminan errores en el proceso.
- Mejora de la calidad.
- Limpieza.

## **2.11.2 FASES O ETAPAS PARA IMPLEMENTAR SMED**

### ***1. Separar las operaciones internas de las externas.***

Esta primera fase implica diferenciar entre la preparación con la máquina parada (preparación interna) y la preparación con la máquina en funcionamiento (preparación externa). En el primer caso se hace referencia a aquellas operaciones que necesitan inevitablemente que la máquina esté parada. En el segundo caso se hace referencia a las operaciones que se pueden realizar con la máquina en marcha. El primer paso consiste en diferenciar este tipo de operaciones, es decir, cuando la máquina está parada no se debe realizar ninguna operación de la preparación externa. En las operaciones con la máquina parada se deben realizar exclusivamente la retirada y la colocación de los elementos particulares de cada producto (moldes, matrices, ajustes etc.). Una actividad de apoyo que puede soportar esta fase es la realización de un vídeo, el cual ayudará a separar estas operaciones y ver el tiempo real de cambio, así como también las mejoras de tiempo.

### ***2. Convertir operaciones internas en externas.***

Es claro que esta actividad debe efectuarse siempre y cuando sea posible. Sin embargo, la conversión de actividades internas en externas no se limita de ninguna manera a efectuar actividades de preparación sobre la máquina cuando esta se encuentra operando, puesto que existen un sin número de actividades que constituyen una conversión de actividades internas en externas sin compromisos de seguridad, como por ejemplo, efectuar un calentamiento previo de los moldes de inyección, previo a montarse en la máquina.

### **3. Organizar las operaciones externas.**

Esta fase se basa en la disposición de todas las herramientas y materiales (matrices, elementos de fijación, etc.) que soportan las operaciones externas. Estos elementos deben estar dispuestos al lado de la máquina tras haberse realizado toda reparación de los componentes que deben entrar. Es usual que en esta fase se deba realizar algún tipo de inversión en activos de mantenimiento, almacenamiento, alimentación o transporte.

### **4. Reducir el tiempo de las operaciones internas.**

Esta fase consiste básicamente en reducir al mínimo los procesos de ajuste. Se considera que este tipo de procesos constituye entre el 50% y el 70% de las operaciones de preparación interna. Uno de los mejores métodos de reducción es la estandarización de las características de los sistemas de sujeción de los elementos móviles de las máquinas. Otro aspecto clave en esta fase pasa por los tiempos de parametrización y ajuste para lograr la calidad del producto, en este caso, debemos centrarnos en fijar un estándar de las operaciones del proceso de cambio de utillajes que se relacionen directamente con los parámetros de calidad. En este caso se recurre frecuentemente a mejoras de ingeniería para obtener tales resultados.

En la figura 2.18 se puede observar el proceso para implementar el sistema SMED.



*Figura 2.18 Proceso de implementación del sistema SMED.*

## CAPITULO 3.- IMPLEMENTACIÓN DEL TPM

La implementación del TPM tiene como objetivo fundamental la *obtención del máximo rendimiento y eficacia global* de un sistema productivo a través de la correcta gestión de los equipos que lo forman.

Los objetivos del TPM se centran en la eliminación de tiempos muertos o de vacío, reducción del funcionamiento a velocidad reducida (inferior a su capacidad) y la minimización de las disfunciones y defectos derivados de los procesos en que intervengan los equipos.

La implementación del TPM comprenderá el desarrollo de las siguientes actividades:

- Incremento de la duración de ciclo y de la calidad de vida de los equipos.
- Establecimiento del mantenimiento autónomo en el propio puesto del trabajo.
- Reordenación de las tareas del departamento de mantenimiento hacia la prevención.
- Gestión del mantenimiento preventivo y correctivo optimizada.
- Mejora de la funcionalidad y mantenimiento de los equipos.
- Formación y entrenamiento del personal productivo y de mantenimiento.
- Incidencia en el diseño de los equipos, pensados para obtener el máximo rendimiento con el mínimo mantenimiento.
- Implementar una política de prevención de mantenimiento.

Para culminar cada una de las etapas anteriores, será necesario implementar un programa TPM completo y adecuado, que deberá cubrir los siguientes pasos:

- Tratar de alcanzar las condiciones de funcionamiento óptimas. Eliminación de los aspectos que merman el rendimiento del sistema productivo a partir de los equipos (pérdidas).

- Eliminación del deterioro acelerado o excesivo de los equipos y el desgaste de sus componentes.
- Asignación de tareas de limpieza, mantenimiento y prevención a los operarios del proceso.
- Implementación de las mejoras que se consideren oportunas en los equipos y sus necesidades de mantenimiento.
- Planificación del conjunto de acciones que compondrán el programa de mantenimiento y gestionarlas adecuadamente.

Otro aspecto importante a tener en cuenta será la prevención del mantenimiento, a cargo de los departamentos de ingeniería de diseño y desarrollo de equipos productivos.

### **3.1 ETAPAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA TPM.**

El desarrollo de un programa TPM se lleva a cabo normalmente en cuatro fases claramente diferenciadas con unos objetivos propios en cada una de ellas.

1. Preparación.
2. Introducción.
3. Implementación.
4. Estabilización.

Estas fases se van a desarrollar descomponiéndolas en un total de 12 etapas, que abarcan desde la decisión de aplicar una política de TPM en la empresa hasta la consolidación.

Cada una de estas etapas forma parte de lo que se llama proceso de implementación de un sistema de calidad orientado hacia la mejora continua y que aplicado a la gestión del mantenimiento recibe el nombre de TPM.

En la tabla 3.1 se observan cada una de estas 12 etapas y a qué fase corresponden.

<b>FASE</b>	<b>ETAPA</b>	<b>ASPECTOS DE GESTIÓN</b>
1. Preparación	1. Decisión de aplicar el TPM a la empresa	La alta dirección hace público su deseo de llevar a cabo un programa TPM a través de reuniones internas, boletines de la empresa, etc.
	2. Información sobre TPM	Campañas informativas a todos los niveles para la introducción del TPM.
	3. Estructura promocional del TPM	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM. Crear una oficina de promoción del TPM.
	4. Objetivos y políticas básicas del TPM	Analizar las condiciones existentes; establecer objetivos, prever resultados.
	5. Plan maestro del desarrollo del TPM	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean para ello.
2. Introducción	6. Arranque formal del TPM	Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades relacionadas.
3. Implementación	7. Mejorar la efectividad del equipo	Seleccionar un(os) equipo(s) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar.
	8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo	Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada.
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado	Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y el predictivo.
	10. Formación para elevar capacidades de operación y	Entrenar a los líderes de cada grupo que después

	mantenimiento	enseñaran a los miembros del grupo correspondiente.
	11. Gestión temprana de equipos	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad y mantenibilidad.
4. Consolidación	12. Consolidación del TPM y elevación de metas	Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua, que puede basarse en la aplicación del ciclo PDCA

*Tabla 3.1 Etapas comprendidas en cada fase de la implementación de un sistema TPM.*

### 3.1.1 FASE DE PREPARACIÓN

Esta fase es fundamental para establecer una planificación cuidadosa del programa TPM que evite o limite al máximo futuras modificaciones durante su implementación.

#### ***Etapa 1: Anuncio de la alta dirección de la decisión de aplicar el TPM.***

La alta dirección debe informar a todos los empleados y órganos empresariales de su intención de implementar el TPM y transmitir su entusiasmo por el proyecto. Crear el entorno apropiado es responsabilidad básica de la alta dirección, la difusión puede llevarse a cabo a través de reuniones internas, boletines informativos, etc., donde se explica el concepto, metas y resultados esperados.

Previo a dar este paso resulta imprescindible que la alta dirección tenga la completa convicción, primero, de la necesidad y, segundo, de la utilidad de implementar un programa TPM.

Si no existe un fuerte y sincero compromiso por su parte, que promueva la creación de un entorno favorable al cambio, cualquier esfuerzo será inútil. A este respecto, al igual que en la actualidad se advierte hasta la saciedad que para la implementación de un programa de calidad es indispensable que la dirección esté absolutamente involucrada, en el caso del TPM ocurre otro tanto.

## ***Etapa 2: Información sobre TPM***

La segunda etapa comprende una política de difusión al alcance de todo el mundo que permita entender el concepto TPM, y cuál va a ser su papel.

Se consigue mediante la realización de campañas informativas que pretenden hacer comprender a todo el personal, sea cual sea su nivel y responsabilidad, el porqué de la introducción del TPM en la empresa.

Un aspecto fundamental de esta etapa es eliminar la resistencia que emana en toda planta cuando se promulga la decisión de introducir un cambio que va a afectar a un colectivo de la plantilla (de hecho deberá afectar a toda ella, directa o indirectamente). El TPM supondrá que la división del trabajo y la especialización (que supone que los operarios manejan el equipo, el personal de mantenimiento lo repara) desaparecerán con el TPM, lo que a su vez será un handicap a superar.

Un problema especialmente importante a superar es el de convencer a los operarios de producción de que vale la pena la instauración del programa TPM, aunque ello suponga que deberán dedicar una parte de su tiempo a limpiar y mantener en correcto orden de funcionamiento su equipo de producción, en lugar de estar produciendo. Se trata de una resistencia que al inicio de los programas TPM se presenta con gran frecuencia, ya que los operarios creen que de esta forma se pierde en productividad.

Con el fin de garantizar que todos comprenden las características del TPM y valoran sus beneficios se organizan jornadas de entrenamiento adecuadas para cada nivel.

## ***Etapa 3: Estructura promocional del TPM.***

La promoción del TPM se lleva a cabo a través de una estructura de pequeños grupos que se solapan en toda la organización.

Cada líder de grupo es miembro de otro grupo del nivel superior. De esta forma existe una conexión entre niveles y la comunicación horizontal y vertical es más fluida.

- El presidente o gerente de la compañía será líder del Comité de Promoción del TPM de la empresa.

- El director de cada planta será el líder del Comité de Promoción del TPM en la planta.
- El director de cada módulo será el líder del Comité de Promoción del TPM en su sección.
- Habrá pequeños grupos locales o multidisciplinares, que formaran pequeños grupos de trabajo TPM, y cada uno de ellos dispondrá de un líder cualificado.
- Se entrenará y formará a los operarios.

Será conveniente crear una oficina de promoción del TPM encargada de promover y desarrollar estrategias eficaces para la promoción del TPM.

Su papel va a ser destacado, sobre todo en la fase de implementación del Mantenimiento Autónomo, y es importante que funcione con profesionales cualificados a plena dedicación. El rol que jugará esta oficina irá variando conforme se avance en la implementación.

#### ***Etapa 4: Establecer políticas básicas TPM y fijar objetivos.***

En esta etapa la alta dirección deberá incorporar el TPM a la política estratégica de la compañía; asimismo, fijará los objetivos concretos a alcanzar y las directrices a seguir a medio y largo plazo.

Un objetivo concreto significa expresarlo en lo posible de forma cuantitativamente y precisa, que todo el mundo pueda comprenderlo. Los objetivos deben ser ambiciosos pero alcanzables.

Como paso previo a la fijación de objetivos se deberá analizar cuál es el punto de partida de la empresa y tener así una base de referencia. Esto implica conocer la situación actual de la empresa, disponer de datos numéricos sobre averías, tasa de defectos, rendimiento, etc.

Con esta información se podrán establecer niveles deseables de mejora con objetivos medibles y alcanzables. No sirve de nada fijarse unos objetivos excesivamente elevados y que lleven ineludiblemente al desánimo cuando éstos no se consiguen.

### ***Etapa 5: Desarrollo de un plan maestro TPM.***

Este es un paso importante ya que en él se trata de establecer un plan concreto para la implementación del TPM que integra las bases a desarrollar para conseguir las metas propuestas. Las principales actividades que deberá contener son:

- Establecimiento de un programa de mantenimiento autónomo llevado a cabo por los propios operarios.
- Mejora de la efectividad del equipo.
- Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado por personal de mantenimiento.
- Aseguramiento de la calidad.
- Gestión temprana de equipos.
- Formación y entrenamiento para aumentar aptitudes personales.

### **3.1.2 FASE DE INTRODUCCIÓN**

#### ***Etapa 6: Arranque del TPM.***

Esta etapa será realmente la de la puesta en práctica del TPM. Resulta aconsejable organizar un acto formal de presentación al que asistan todos los empleados y clientes o representantes de empresas relacionadas, en donde se informe de las actividades llevadas a cabo en la fase de preparación y de los planes futuros. La alta dirección debe procurar que su interés por el TPM alcance a toda la empresa, inyectando moral y disposición hacia el TPM a todos sus trabajadores.

Se considera una fase cuando en realidad es el inicio de la implementación que a continuación se describe.

### **3.1.3 FASE DE IMPLEMENTACIÓN**

En la fase de implementación deben desarrollarse las actividades planificadas, con la adecuada asignación de los responsables y el acuerdo acerca de las fechas de desarrollo de las mismas.

Para evitar caer en demoras y retrasos excesivos, así como en la falta de coordinación que puede darse en la introducción de un nuevo sistema de gestión, es importante ajustarse a los plazos previstos en el plan de implementación; es por este motivo que será necesario tener asignados para cada objetivo una fecha y un responsable.

### ***Etapa 7: Mejorar la efectividad del equipo.***

Se organizan grupos de trabajo multifuncionales compuestos por ingenieros de producción, personal de mantenimiento y operarios con el propósito de eliminar las pérdidas y mejorar la efectividad del equipo. Deberá seleccionarse un equipo que sufra pérdidas crónicas y, una vez medidas y evaluadas cuidadosamente, se actuará de forma que se obtengan mejoras significativas en un período de aproximadamente tres meses.

Para mejorar la efectividad global del equipo es preciso hacer dos labores generales:

1. Estudiar a fondo las características y los rendimientos de los equipos para obtener el mayor provecho de ellos al utilizarlos en la forma debida. Esta labor se realiza de acuerdo con el equipo que se tiene instalado en cada industria, por lo que éste es un caso particular para cada empresa.
2. Eliminar los obstáculos que se oponen a la eficacia de los equipos.

El TPM trata de alcanzar la meta de **cero fallas por equipo**, considerando las acciones siguientes:

1. Impedir el daño acelerado.
2. Preservar las condiciones del equipo.
3. Operar el equipo según normas.
4. Mejorar la calidad de conservación
5. Reparar las causas, no sólo las fallas.
6. Corregir debilidades del diseño.
7. Estudiar el porqué de cada defecto o error.

También este sistema trata de alcanzar la meta de **cero ajustes por equipo**, y para lograrlo se toman las siguientes acciones.

1. Revisión de la precisión que se debe tener en el montaje del equipo, de las herramientas y de las plantillas.
2. Promocionar el uso de herramientas estándares y de métodos estándares de montaje e instalación.

El TPM trata de alcanzar la meta de **cero defectos de proceso** por equipo, y para eliminarlos se toman las acciones siguientes:

1. Hacer buenos diagnósticos para llegar a las causas.
2. Investigar cuidadosamente las condiciones actuales.
3. Revisar una y otra vez la lista de posibles causas.
4. Profundizar sobre la posible existencia de defectos pequeños que se ocultan en defectos mayores.

Se denominan así a las pérdidas que se generan por estar el equipo pasando desde una posición estática hasta su producción estable.

El TPM trata de alcanzar el **tiempo de arranque por equipo señalado por el proveedor**, para ello se toman las siguientes acciones:

1. Revisión del tiempo mínimo de arranque que promete el proveedor de la máquina. Si se encuentra una discrepancia es necesario investigar la posible existencia de fallas que originan el arranque lento y corregirlas.
2. Buscar en el mercado maquinas similares que presten el mismo o mejor servicio, pero con un menor tiempo de arranque.
3. Cuando un equipo es capaz de cumplir con el tiempo mínimo de arranque ofrecido por el proveedor, se llega a la primera meta.

### ***Etapa 8: Establecer un programa de Mantenimiento Autónomo.***

El Mantenimiento Autónomo es una de las características más inherentes al TPM. De hecho, la especialización producción-mantenimiento, <<los operarios manejan el equipo, el personal de mantenimiento lo repara>>, se mantiene vigente hasta que aparece el Mantenimiento Autónomo en un programa TPM.

En efecto, tras la implantación del TPM, los operarios de producción participan en las funciones de mantenimiento diarias y en actividades de mejora que evitan el deterioro acelerado. Todo el que tenga que ver con el uso de una máquina tiene la obligación de cuidarla (una planta de fuerza, en vehículo, una máquina de escribir, una escoba, etc.); esta falta de cuidado a los ítems de trabajo produce grandes pérdidas.

### ***Etapa 9: Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado.***

Esta etapa consistirá en desarrollar un programa de mantenimiento periódico o programado para que pueda ser llevado a cabo por el departamento de mantenimiento. El personal del mismo debe centrar sus energías en las tareas que requieren su propia experiencia técnica y aprender técnicas más sofisticadas de mantenimiento, al tiempo que coopera con el Mantenimiento Autónomo.

La implementación de este plan debe empezar antes que termine el octavo paso.

Es recomendable que el Departamento de Mantenimiento tenga las características generales siguientes:

1. Una estructura racional que facilita la aplicación de labores estratégicas y tácticas.
2. Un inventario de recursos físicos (máquinas, etc.) jerarquizado en tres categorías (vitales, importantes y triviales).
3. Planes estratégicos de mantenimiento integral efectuados por la Dirección de Planta.
4. Un sistema de planificación de órdenes de trabajo efectuado por el Departamento de Mantenimiento.
5. Un sistema de informática integrado a toda la empresa.

Para elaborar los planes de mantenimiento es indispensable estudiar la organización existente en la empresa y, sobre todo, en el Departamento de Mantenimiento, pues ella modulará los planes y hará que nos apeguemos a una planeación realista de mantenimiento, la cual debe considerar actividades, estratégicas y tácticas.

***Etapa 10: Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento.***

Para llevar a cabo un mantenimiento eficaz es importante mejorar las habilidades de los recursos humanos de que dispone la empresa. Por ello, en las etapas iniciales de la implantación del TPM conviene realizar un esfuerzo especial pero muy valioso en la formación de los empleados.

1. Todo personal debe ser capacitado, según las técnicas de mantenimiento y operación
2. Todo entrenamiento debe adecuarse a las necesidades específicas de cada área de trabajo.

***Etapa 11: Creación de un programa de gestión temprana de equipos.***

El programa de gestión temprana de equipos tiene como objetivos la prevención del mantenimiento y un diseño de nuevos equipos que minimicen el mantenimiento e incluso estén exentos de él. Para conseguir estos objetivos hay que actuar desde el nacimiento del equipo, su proyecto inicial, hasta su madurez, en la que tendrá lugar la operación normal con producción estable de procesos y productos con calidad.

Este periodo de tiempo se conoce como ciclo de vida del sistema o ciclo de vida total, ya que también se puede hablar de ciclo de vida de una pieza del equipo o de una parte del mismo.

El TPM trata de minimizar el costo económico del ciclo de vida de un sistema empezando en las fases tempranas del desarrollo del mismo: fases de planificación de inversiones en equipos, de diseño, de fabricación, de instalación, de pruebas y de arranque. Durante las mismas, se consigue

recabar información útil para emprender acciones correctivas que mejoren el sistema y replantean los criterios de diseño.

El programa de gestión temprana no acaba aquí, si no que abarca las fases de operación y mantenimiento bajo un enfoque de sistema total integrado, donde se combinan los esfuerzos de los ingenieros de diseño, de mantenimiento y de producción para avanzar en la prevención del mantenimiento y mejorar la mantenibilidad.

Las actividades de esta fase están enfocadas a:

1. Evaluar el costo económico del ciclo de vida del equipo.
2. Comprobar que el equipo está en los niveles más altos de confiabilidad, mantenibilidad y operatividad desde el punto de vista de seguridad y economía.
3. Lograr el mejor nivel en la planeación de la inversión.
4. Reducir el tiempo de vida temprana (de diseño a operación estable).
5. Conseguir que las actividades se lleven a cabo con eficacia.

#### **3.1.4. FASE DE CONSOLIDACIÓN**

##### ***Etapa 12: Consolidación del TPM y elevación de los objetivos.***

El último paso de un programa TPM es mantener y perfeccionar las mejoras obtenidas a lo largo de cada una de las etapas anteriores. Hay que cuantificar el progreso alcanzado y darlo a conocer a todos los empleados para que comprendan y valoren las consecuencias de su trabajo diario. A partir de ahora hay que adoptar una filosofía de mejora continua, revisando los objetivos establecidos y fijando otros más ambiciosos

#### **3.2 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM**

La implementación óptima del TPM tiene como consecuencia beneficios para toda la empresa, siendo los más importantes los que se mencionan a continuación:

## **Organizativos**

- Mejora de calidad del ambiente de trabajo.
- Mejor control de las operaciones.
- Incremento de la moral del empleado.
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
- Aprendizaje permanente.
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.
- Dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal.
- Redes de comunicación eficaces.

## **Seguridad**

- Mejorar las condiciones ambientales.
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
- Entender el porqué de ciertas normas, en lugar de como hacerlo.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

## **Productividad**

- Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas.
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Menor costo financiero por recambios.
- Mejora de la tecnología de la empresa.
- Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado.

## **CAPITULO 4.- LAS PÉRDIDAS DEL MANTENIMIENTO**

### **4.1 LAS GRANDES PÉRDIDAS DE LOS EQUIPOS Y SUS CATEGORÍAS**

El objetivo de un sistema productivo eficiente desde el punto de vista de los equipos es el de conseguir que estos operen de la forma más eficaz durante el mayor tiempo posible. Para ello es necesario descubrir, clasificar y eliminar los principales factores que merman las condiciones operativas ideales de los equipos, lo que es un objetivo fundamental del TPM.

Los principales factores que impiden lograr maximizar la eficiencia global de un equipo se han clasificado en seis grandes grupos y son conocidos como Seis Grandes Perdidas. Están agrupadas en tres categorías tomando en consideración el tipo de mermas y efectos que pueden representar el rendimiento de un sistema productivo con intervención directa o indirecta de los equipos de producción. La meta del TPM será eliminar o, si ello no es del todo posible, minimizar cada una de seis grandes pérdidas.

#### **4.1.1. COMPARACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE LOS EQUIPOS Y LOS DESPILFARROS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

Los sistemas de gestión de la producción más avanzados pretenden optimizar su eficiencia mediante la eliminación de despilfarros; es lo que constituye la denominada producción ajustada, es decir, que consume la cantidad justa de recursos de todo tipo y por tanto evita los despilfarros. Su exponente más general es el sistema Just in time (JIT).

El TPM pretende utilizar el mismo procedimiento básico para optimizar el rendimiento de los procesos, en este caso, de los equipos de producción y su mantenimiento. También persigue la eficiencia a través de la eliminación de los despilfarros, que en este caso serán pérdidas.

Estas pérdidas están muy relacionadas con los despilfarros a eliminar en un sistema JIT, este objetivo es muy favorecido por la eliminación de las pérdidas que contempla el TPM. La figura 4.1 muestra los efectos que producen las pérdidas en este sistema.

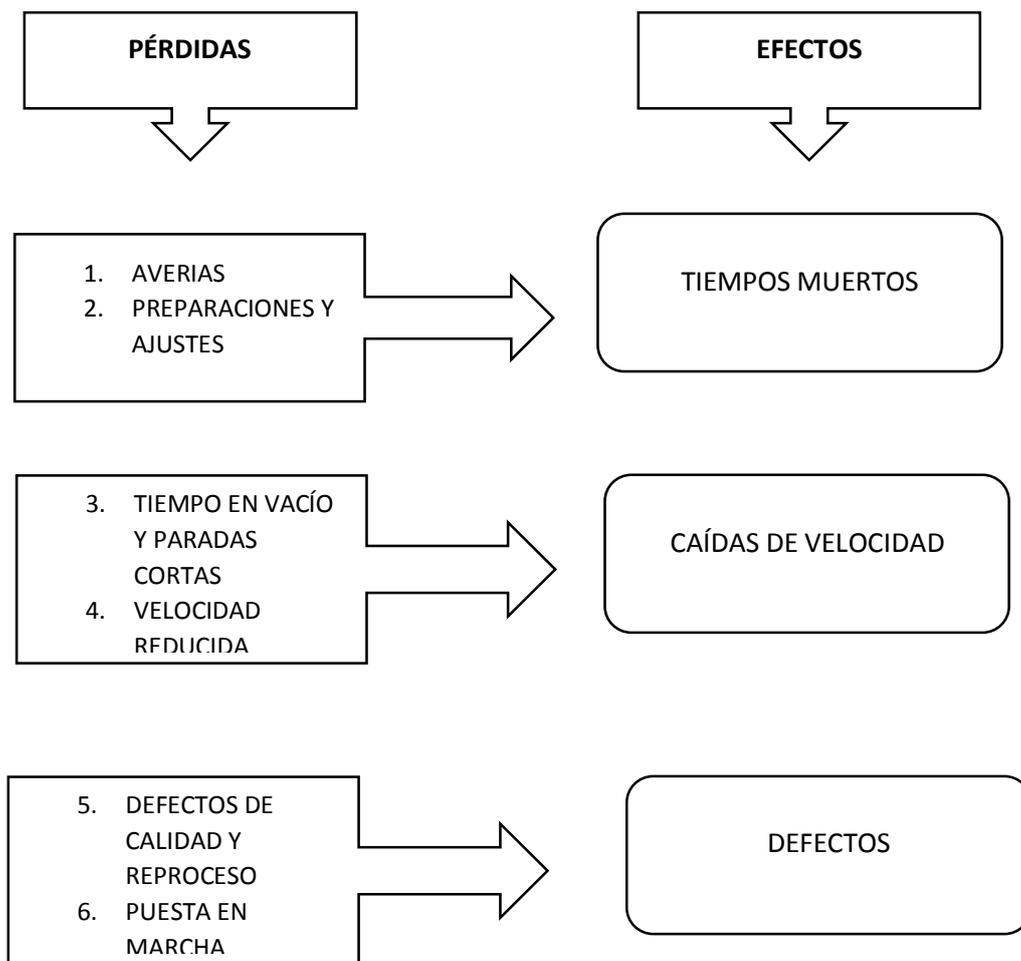


Figura 4.1 Pérdidas y efectos en el TPM

En la tabla 4.1 se observa la clasificación de las pérdidas.

Tipo	Pérdidas	Tipo y características	Objetivo
<b>Tiempos muertos y de vacío</b>	1. Averías	Tiempos de paro del proceso por fallos, errores o averías, ocasionales o crónicas, de los equipos	Eliminar
	2. Tiempos de preparación y ajuste de los equipos	Tiempos de paro del proceso por preparación de máquinas o útiles necesarios para su puesta	Reducir al máximo

		en marcha	
<b>Pérdidas de velocidad del proceso</b>	3. Funcionamiento a velocidad reducida	Diferencia entre la velocidad actual y la de diseño del equipo según su capacidad. Se pueden contemplar además otras mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño
	4. Tiempo en vacío y paradas cortas	Intervalos de tiempo en que el equipo, está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios	Eliminar
<b>Productos o procesos defectuosos</b>	5. Defectos de calidad y repetición de trabajos	Producción de efectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y, consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos	Eliminar productos y procesos fuera tolerancias
	6. Puesta en marcha	Pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas	Eliminar o minimizar según exigencias técnicas

*Tabla 4.1 Clasificación de las seis pérdidas*

#### **4.1.2. PÉRDIDAS POR AVERÍAS EN LOS EQUIPOS**

Las pérdidas por averías, errores o fallos del equipo provocan tiempos muertos del proceso por paro total del mismo, debido a problemas que impiden su buen funcionamiento. Las averías y sus paros pueden ser de tipo esporádico o crónico.

Las consecuencias de las averías con relación al equipo pueden ser:

- Averías con pérdida de función.
- Averías con reducción de función.

##### **Averías con pérdida de función**

Este primer tipo se caracteriza porque el equipo pierde súbitamente alguna de sus funciones fundamentales y se para por completo. Suele ocurrir de manera inesperada, en forma de fallos repentinos y drásticos, dando lugar a pérdidas claras y urgentes de solucionar. Las averías con pérdida de función dan lugar a pérdidas esporádicas con un costo económico inicial alto, los problemas esporádicos son visibles y tienen, generalmente, una causa clara y concreta, y por lo tanto es relativamente fácil actuar contra ellas.

##### **Averías con reducción de función**

Las averías con reducción de función se producen sin que el equipo deje de funcionar, pero el deterioro sufrido por el equipo o partes específicas del mismo hace que rinda por debajo de lo previsto.

Las averías con reducción de función suelen descuidarse o pasar desapercibidas, ya que no son fáciles de evaluar. Normalmente las averías con reducción de función están causadas por defectos ocultos, bien en el equipo o en los métodos utilizados.

### 4.1.3 ANÁLISIS DE LAS AVERÍAS CRÓNICAS

Las averías crónicas son en general provocadas por defectos ocultos. Se producen con tal frecuencia que se llegan a considerar normales. Dan lugar a pérdidas crónicas que en cada incidencia pueden parecer insignificantes, pero la frecuencia y normalidad con la que se repiten magnifican su repercusión en el rendimiento, la tabla 4.2 hace referencia a las características de este tipo de pérdidas.

Las pérdidas crónicas son reducibles e incluso se pueden eliminar, pero no es una tarea sencilla. Hay que llevar a cabo un riguroso seguimiento y análisis de sus características para desvelar la causa o causas que provocan ese modo de fallo

TIPO DE PÉRDIDAS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
<b>CRÓNICAS</b>	Causas múltiples y complejas
	Frecuentes/periódicas en tiempo
	Solución complicada y a largo plazo
	Efectos difíciles de relacionar
	Problemas latentes no resueltos
<b>ESPORÁDICAS</b>	Causa única
	Causa fácil de reconocer
	Efectos obvios
	Efectos acotados
	Esporádicas en tiempo

Tabla 4.2 Características de las pérdidas según su naturaleza.

#### Etapas de la eliminación de las pérdidas por averías

La reducción y eventual eliminación de pérdidas por averías puede acometerse mediante las etapas que siguen:

- Establecer las condiciones básicas de operación.
- Mantener las condiciones operativas básicas.

- Restaurar las funciones deterioradas, a su nivel original.
- Mejorar los aspectos débiles de diseño de las máquinas y equipos.
- Mejorar las capacidades de mantenimiento y operación.

#### **4.1.4 PÉRDIDAS DEBIDAS A PREPARACIONES**

Es necesario minimizar el tiempo invertido en todo ello; en esta dirección se han desarrollado en los últimos años, con notable éxito, los sistemas RTS (Rapid Tool Setting), entre el que destacan las denominadas técnicas SMED (Single Minute Exchange Die), cuyo objetivo es la ejecución de la preparación completa, por lo que se refiere al tiempo en el que el tiempo permanece parado, en un tiempo inferior a 10 minutos (single minute= tiempo en minutos de un solo dígito).

Las operaciones de preparación de las máquinas para acometer una nueva actividad de producción suponen un conjunto de operaciones que deben realizarse a máquina parada (MP), junto a otras que se realizan fuera de las mismas y que pueden llevarse a cabo a máquina en marcha (MM). En el tiempo consumido a máquina parada es el objetivo básico de la reducción.

La clave de las técnicas SMED y sus espectaculares logros se hayan en solapar tres tipos de acciones:

- Minimizar la cantidad de operaciones a MP y convertir la mayor cantidad de éstas que se posible en operaciones a MM.
- Reducir los tiempos de las operaciones de preparación, muy en especial las que se llevan a cabo a MP
- Simultanear operaciones no necesariamente secuenciales. Es decir, todas aquellas operaciones que se pueden efectuar a la vez, no deben esperar.

#### **4.1.5 PÉRDIDAS PROVOCADAS POR TIEMPO DE CICLO EN VACÍO Y PARADAS CORTAS**

Este tipo de pérdidas hacen referencia a períodos de funcionamiento en vacío (sin producción) y a paradas breves, también conocidas como cortes de aire; en los tiempos de vacío la máquina opera, pero lo hace sin efectuar la producción de pieza alguna, debido a un problema temporal.

Este tipo de problemas pueden impedir la operación eficiente del equipo y son muy comunes en plantas con fuerte nivel de automatización. Su reducción a cero es imprescindible para mantener una producción automática de flujo continuo.

Las consecuencias inmediatas de la existencia de paradas breves son:

- Caídas en la capacidad y por tanto productividad de los equipos.
- Disminución del número de máquinas o equipos que puede llevar un mismo trabajador.
- Posible aparición de defectos.

Las paradas breves, están relacionadas fundamentalmente con líneas automatizadas, pueden ser el resultado de los problemas y causas que siguen:

1. Problemas relacionados con el transporte de materiales.
2. Problemas relacionados con las operaciones de producción y en especial de montajes.
3. Problemas relacionados con el control de las operaciones y los sistemas de detección.

#### **4.1.6 PÉRDIDAS POR FUNCIONAMIENTO A VELOCIDAD REDUCIDA**

Este tipo de pérdida hace referencia a la situación creada cuando al operar a la velocidad diseñada, se producen problemas de calidad o mecánicos que fuerzan la reducción de velocidad.

Los puntos clave de este tipo de pérdida son:

- El personal de producción puede no reconocer los límites operativos reales de los equipos de producción, por no disponer los mismos de especificaciones concretas, o no estar al alcance de dicho personal.
- El personal de producción puede estar en posesión de los citados límites de velocidad, pero no los aplica en la creencia de que la máquina no será capaz de operar en ellos.

La mejora de los procesos por lo que hace referencia a las caídas de velocidad, puede establecerse por medio de las etapas:

1. Determinar el nivel actual de velocidad, así como de los factores que lo condicionan.
2. Gap o desviación existente entre el citado nivel actual y las especificaciones de la máquina o equipo.
3. Historial de acciones que afectan la velocidad, tomadas en el pasado, y como condicionan la velocidad actual.
4. Estudio de la operativa actual y de los condicionantes técnicos y de gestión con relación a la velocidad actual y la capacidad de aumentarla.
5. Establecimiento de nuevos estándares de operativa que corrijan deficiencias y mejoren la velocidad. Deberán tenerse en cuenta de cualquier factor que pueda verse afectado indirectamente, como la precisión o la calidad.
6. Realización de ciclos operativos de ensayo con las nuevas condiciones.
7. Reajuste del nuevo estándar y confirmación y puesta en vigor del mismo.

#### **4.1.7 PÉRDIDAS POR DEFECTOS DE CALIDAD, RECUPERACIONES Y REPROCESADOS**

Estas pérdidas incluyen el tiempo perdido en la producción de productos defectuosos, de calidad inferior a la exigida, las pérdidas de los productos irrecuperables y las pérdidas provocadas por el procesado de productos defectuosos.

También este tipo de pérdidas pueden incluir defectos esporádicos y defectos crónicos, aunque referidos, ahora, a la calidad del producto, lo que no obsta para que las causas, esporádicas o crónicas, se hallen en los equipos.

Como resultado de todo ello, es frecuente que para este tipo de defectos se proceda a tirar el producto y llevar a cabo de nuevo la producción. Volver a realizar el trabajo exige horas y mano de obra, lo que se va a traducir en un tiempo y costo adicional que no estaban previstos, los cuales, sin añadir ningún valor al producto, van a encarecerlo.

El Mantenimiento de la Calidad o Quality Maintenance por sus siglas en inglés (QM) puede articularse a bases de grupos de mejora con el objetivo de realizar mejoras de mantenimiento para la calidad (grupos QM), que operaran partiendo de los defectos que se producen, y en los que se hallará personal de producción, de mantenimiento y de calidad. La actividad encaminada a la eliminación de las pérdidas relacionadas con los defectos de calidad constará de las siguientes etapas:

- Determinar las causas, utilizando las herramientas clásicas a tal efecto (diagrama causa-efecto, diagrama de Pareto)
- Establecer las relaciones entre los defectos, sus causas y los procesos con sus actividades, a fin de identificar aquellas actividades de procesos concretos donde pueden generarse los defectos.
- Analizar los procesos identificados en la etapa anterior y sus actividades, a fin de establecer las condiciones operativas que permitan eliminar los defectos, programando adecuadamente el mantenimiento.
- Estandarizar las condiciones operativas introducidas, elaborando las instrucciones pertinentes y dando la adecuada formación, a las personas involucradas.

#### **4.1.8 PÉRDIDAS DE FUNCIONAMIENTO POR PUESTA EN MARCHA DE EQUIPO**

Estas pérdidas se refieren al nivel de producción que se da en ocasiones en el arranque y puesta en funcionamiento de determinadas máquinas, situado por debajo de la capacidad que puede obtenerse con el mismo equipo una vez superada esta fase.

Se está ante una pérdida de rendimiento, y su incidencia tendrá mayor o menor impacto dependiendo de las condiciones de operación, de las características del propio equipo, los problemas con los útiles o plantillas y de las habilidades individuales de los operarios, etc.

Estas pérdidas deben minimizarse si se quiere aumentar la efectividad del equipo mediante procedimientos de arranque vertical.

## **CAPITULO 5.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

### **5.1 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO (MA)**

El Mantenimiento Autónomo, es una de las etapas de preparación de las condiciones de implementación del TPM, está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores de los equipos que operan, incluyendo inspecciones, lubricación, limpieza, intervenciones menores, etc., estas actividades se realizan siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios los cuales deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que operan.

Con el Mantenimiento Autónomo incluido en el TPM, la gestión de los equipos y su mantenimiento se sitúa al nivel de los sistemas de gestión de la producción y de calidad más avanzados, eficientes y competitivos, con la adopción del Mantenimiento Autónomo, el operario de producción asume tareas de mantenimiento productivo, incluida la limpieza, así como algunas propias del mantenimiento preventivo, como consecuencia de la inspección del estado de su propio equipo propiciada por estas actividades, podrá advertir las necesidades de mantenimiento preventivo a cargo del departamento correspondiente. Normalmente las tareas del MA se llevaran a cabo por grupos de operarios que tendrán a su cargo una o varias máquinas.

### **5.2 OBJETIVOS Y NECESIDADES DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

La implementación total del Mantenimiento Autónomo implica alcanzar los siguientes objetivos:

- Provocar un cambio en la estructura corporativa y de personal mediante la ejecución de las actividades del programa TPM.
- Efectuar una limpieza inicial profunda y llevar a cabo un programa de mejora continua de defectos como instrumento para transformar el equipo existente y reconvertirlo en un equipo que funcione a la

perfección, de acuerdo con las especificaciones exigidas, reduciendo los fallos y los problemas y estabilizando los procesos de fabricación.

- Implantar controles de mantenimiento visual y crear estándares que permitan obtener una fuerza de sensores humanos capaces de identificar y comprender los problemas conforme sucedan.
- Realizar un programa de entrenamiento sobre las máquinas para aumentar las capacidades de los operarios de las diversas áreas de mantenimiento.
- Crear un sistema que permita a los operarios inspeccionar y controlar de una manera fiable sus máquinas.
- Desarrollar nuevas habilidades para el análisis de problemas y creación de un nuevo pensamiento sobre el trabajo mediante una operación correcta y permanente que evite el deterioro del equipo.
- Mejorar la moral en el ambiente de trabajo.
- Inspección de los puntos clave del equipo, en busca de fugas, fuentes de contaminación, exceso de lubricación, etc.

### **5.2.1 NECESIDADES PARA PODER IMPLEMENTAR UN MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

El MA necesita de ciertas características que debe adquirir la organización para su óptima implementación las cuales son:

- Educación introductoria y entrenamiento.
- Cooperación entre los departamentos de la organización.
- Actividades de grupo.
- La educación y el entrenamiento aplicados deben ser progresivos.
- Apuntes sobre resultados concretos.
- Los operadores deben determinar los estándares a seguir.
- La gerencia debe auditar el progreso.
- Usar modelos de trabajo.
- Corregir los problemas del equipo rápidamente.
- Entender que el programa toma tiempo para poder perfeccionarse.

La mejora de la eficiencia y competitividad que puede lograrse de la mano del MA se deriva de:

1. La combinación de trabajo y mantenimiento en el mismo puesto de trabajo, lo que permite ahorrar tiempos (de vacío) y esfuerzos, y da lugar a una actuación más rápida.
2. El trabajador conoce mejor que nadie su equipo y sabe lo que necesita y cuándo lo necesita, y puede darle un mantenimiento rápido y eficiente.
3. El trabajador conoce cuándo el equipo está próximo a una avería o a la necesidad de cambio de algún componente (un ruido, una holgura, algún indicador, etc.).

Cuando una empresa intenta introducir un sistema de MA se puede encontrar con ciertas dificultades. En la tabla 5.1 se muestran algunos posibles problemas que pueden aparecer inicialmente, y que se acostumbran a superar con éxito conforme se va consolidando la implementación de un programa de MA.

DIFICULTADES	OBJETIVOS
El equipo opera constantemente durante día y noche durante largos períodos de tiempo y nunca hay oportunidad de descansos.	Actividades divididas en categorías de trabajos Planes de actividades detallados para los períodos de vacaciones.
Los operarios supervisan un gran número de máquinas.	Clarificar qué máquinas serán el centro de actividades. Tener en cuenta las tendencias críticas; por ejemplo, cuellos de botella.
Hay muchas máquinas complejas.	Reforzar las actividades de mantenimiento especializado. Potenciar la seguridad en todos los aspectos.

La corrosión actúa en las máquinas sin que los operarios sean conscientes, causando averías.	Desarrollar un sistema de mejoras individuales. Estudio de los materiales y selección de recambios.
Operarios desconocedores de su equipo.	Operarios competentes y conocedores del equipo. Operarios motivados y con alto grado de polivalencia.
Falta de comunicación entre departamentos.	Cooperación entre departamentos. Comunicación fluida.

*Tabla 5.1 Problemas y objetivos en la implementación del Mantenimiento Autónomo.*

### **5.3 CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES ENTRE LOS DEPARTAMENTOS MANTENIMIENTO/PRODUCCIÓN**

Las actividades de Mantenimiento Autónomo se llevarán a cabo en combinación con las de mantenimiento preventivo y por supuesto las del correctivo; también pueden involucrarse en las actividades de mejora de mantenibilidad, por el consabido hecho de que los trabajadores que operan con el equipo conocen mejor que nadie sus puntos débiles, y cómo lograr mejoras que eviten el Mantenimiento Correctivo. La tabla 5.2 ilustra la distribución lógica de responsabilidades de mantenimiento y mejoras entre el personal operativo y el de mantenimiento.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>MANT. / MEJORA</b>	<b>Personal Prod.</b>	<b>Personal Mant</b>
Producción	Preparación y ajuste	•	
	Operación	•	
Mantenimiento Autónomo	Limpieza	•	
	Engrase	•	
	Aprietes mecánicos	•	

	Otros diarios	•	
Mantenimiento Preventivo	Inspecciones y comprobaciones	•	•
	Actividades periódicas de mantenimiento		•
Mantenimiento Correctivo	Averías reparables desde puesto de trabajo	•	
	Averías no reparables desde puesto de trabajo		•
Mejoras	Operativas	•	•
	Automatización y calidad		•
	Chequeos y concepción global		•

*Tabla 5.2 Relación de actividades y responsabilidades del Mantenimiento Autónomo.*

#### **5.4 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO BASADO EN LAS 5S'S, CON EL OBJETIVO DE ELIMINAR LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS**

El Mantenimiento Autónomo está basado en el principio de las 5S's, que son cinco aspectos básicos para el desarrollo de las actividades de los procesos de producción y del mantenimiento en particular, con la máxima eficiencia y rapidez.

Para el MA es importante recordar los objetivos de las 5S's los cuales se mencionaron en el capítulo 2.

Las 5S's, sobre la base de las dos primeras, Organización y Orden, deben permitir avanzar en el camino del logro de los objetivos cero averías, cero defectos, cero despilfarros y cero accidentes.

##### **5.4.1 ORGANIZACIÓN (SEIRI)**

La organización supone mantener en cada puesto de trabajo, solamente los elementos realmente necesarios para el mismo; es corriente que las áreas de

trabajo estén repletas de elementos innecesarios, que dificultan la utilización de los que realmente se precisan. Con la organización se pretende que en los puestos de trabajo no haya más que los elementos necesarios, en la cantidad necesaria y en el lugar preciso.

Stocks innecesarios, artículos obsoletos, herramientas inútiles que no se usan y otros elementos pueblan las áreas de trabajo de forma innecesaria y suponen un tiempo preciso perdido para encontrar los elementos que se necesitan.

#### **5.4.2 ORDEN (SEITON)**

Una vez que en el área de trabajo sólo se hallan los elementos necesarios, éstos deben disponerse de forma que su utilización sea fácil y rápida, de forma que, además, puedan encontrarse y guardarse fácilmente.

Así pues, la organización y el orden conviene aplicarlos conjuntamente, así se hará en una de las etapas de la implementación del MA. Con ello podrán eliminarse muchos de los despilfarros en actividades de la producción: movimientos de personas buscando elementos de trabajo, tiempos de espera hasta encontrar materiales, herramientas o útiles que con un orden adecuado no serían precisos, stocks no necesarios o en cantidad innecesaria, etc.

El control visual, que también será importante en el MA, supone que con el alcance de la vista puede controlarse la situación y funcionamiento de un área de trabajo; este control visual se facilitará mucho cuando la organización y el orden se hayan implementado en el área de trabajo.

La implementación del orden supone decidir los ajustes adecuados para cada elemento y utilizar, si es preciso, las leyes de la economía de movimientos para evitar despilfarros en tiempos y esfuerzos.

Una herramienta muy útil para la implementación del orden la constituyen los “Mapas 5S’s”, en estos se contienen los elementos del área de trabajo y los flujos de las operaciones entre ellos representados por flechas que se enumerarán para indicar el orden de las actividades del flujo de operaciones. Se hace un mapa previo al establecimiento del orden y luego se mejoran las ubicaciones de los elementos en base a que el flujo de las actividades sea más racional, requiera menos movimientos y se recorran menos distancias.

Otro aspecto que contempla el orden es la identificación adecuada de cada elemento de un área de trabajo, toda vez que se halle situado en su localización idónea. Etiquetas, tarjetas y rótulos para los elementos, con la información pertinente, visible y líneas para delimitar áreas, podrán utilizarse para cubrir este objetivo. La utilización de colores puede ayudar mucho; así, pueden utilizarse líneas de color verde para delimitar áreas de trabajo, amarillas para los pasillos y el color naranja para delimitar áreas para stocks u otras divisorias, esto en base al código de colores utilizados en la seguridad industrial, a continuación se muestran algunos colores básicos y la función que tienen cada uno de estos, la figura 5.1 es un ejemplo de algunos colores utilizados en la seguridad industrial.

<b>COLORES DE SEGURIDAD</b>		
<b>COLOR DE SEGURIDAD</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>INDICACIONES</b>
<b>ROJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>PARO</b></li> <li>▪ <b>PROHIBICIÓN</b></li> <li>▪ <b>COMBATE DE INCENDIOS</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alto</li> <li>▪ Prohibición de acciones específicas</li> <li>▪ Identificación y localización.</li> </ul>
<b>AMARILLO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>ADVERTENCIA DE PELIGRO</b></li> <li>▪ <b>DELIMITACIONES</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Atención, precaución y e identificación de peligros.</li> <li>▪ Límites de áreas restringidas.</li> <li>▪ Presencia de material radioactivo.</li> </ul>
<b>VERDE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>CONDICIÓN SEGURA</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Advertir salidas de emergencia. Rutas de seguridad, primeros auxilios, duchas.lavaojos,etc</li> </ul>
<b>AZUL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>OBLIGACIÓN</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Señalamiento para realizar acciones específicas.</li> </ul>

*Figura 5.1 Código de colores utilizados en la seguridad industrial*

### **5.4.3 LIMPIEZA (SEISO)**

La limpieza de los equipos y otros elementos del área de trabajo será la base en que se apoyará el MA, y a partir de ello podrán detectarse, por la inspección que propicia, problemas reales o latentes de los equipos. La limpieza incluirá, como se verá, buscar la forma de poder eliminar los focos de suciedad que

obligan a limpiar en exceso, así como determinar cómo se llevará a cabo la limpieza de lugares en los que se hace difícil.

Como la limpieza facilita la inspección, convendrá incorporar paulatinamente dicha inspección, comenzando por aspectos muy elementales, a medida que la limpieza lo facilita al poner al descubierto todos los elementos de la máquina o equipo (fugas de aceite, cables en mal estado, pernos aflojados o rotos, partes desgastadas, etc.). La inspección, además, deberá incorporarse en los estándares de la limpieza como parte de la misma, junto a la programación y la determinación de responsables. En el marco del TPM, cuando la inspección detecta problemas que requieran una solución de mantenimiento, podrá procederse a su ejecución, si es posible, desde el propio responsable de la limpieza, o una propuesta de actuación para el departamento de mantenimiento de la planta.

#### **5.4.4 ESTANDARIZACIÓN (SEIKETSU)**

Estandarizar supone el desarrollo de un método sistemático para la realización de una tarea o procedimiento. En el MA, donde se aplicará profusamente, la estandarización supondrá que cualquier persona pueda llevar a cabo una determinada actuación operativa. La organización y el orden serán fundamentales para estandarizar.

Cuando no se estandariza la actuación que asegure el cumplimiento de las tres primeras eses, las condiciones de operación volverán irremediablemente a las existentes antes de haberse llevado a cabo todas ellas, es decir, volverán a haber elementos innecesarios en el lugar de trabajo, falta de orden en los mismos y suciedad que enmascarará otros problemas. No se trata de hacer otra cosa que sistematizar las actuaciones que han llevado a implementar las tres primeras eses, fijando asimismo un programa de actuaciones, y muy en especial la periodicidad (diaria, semanal, etc.) y los responsables pertinentes. El mapa "5S's" formará parte de la estandarización; en él quedarán claramente indicados los lugares en que deben estar las cosas y donde deben llevarse a cabo las actuaciones, y en especial la limpieza e inspecciones, tanto de elementos fijos (máquinas y equipamiento) como móviles (por ejemplo, lo que no llega desde los suministros).

Finalmente, las actuaciones derivadas de esta estandarización se integrarán, a través del MA, en el programa de actividades a realizar desde el puesto de trabajo como una más; se tratará de la integración de las 5S's en el proceso.

El programa de estandarización, como ocurrirá con el MA, deberá incluir actividades de carácter preventivo, actividades que traten de evitar que se repitan errores detectados, como por ejemplo evitar los focos de suciedad que obligan a una limpieza excesiva. Las actividades estándar de carácter preventivo tendrán como objetivo, evitar que:

- Vuelvan a existir elementos innecesarios en el área de trabajo (organización).
- Haya elementos que no tengan la ubicación óptima para la operativa del área de trabajo (orden); por ejemplo, muchas pequeñas herramientas y útiles (y en especial neumáticas y eléctricas) pueden disponerse colgadas con fijaciones elásticas para acercarlas fácilmente al lugar de trabajo y soltarlas al terminar, de forma que vuelvan por sí solas a su lugar, encima del puesto de trabajo.
- Focos de suciedad o problemas derivados de elementos que trabajan en condiciones que hacen peligrar el buen funcionamiento y que se hayan detectado con la inspección que sigue a la limpieza.

#### **5.4.5 CUMPLIMIENTO O DISCIPLINA (SHITSUKE)**

Establecidos la organización, el orden y la limpieza y un método estandarizado para llevarlos a cabo, convendrá, asegurarse de que todo ello se efectúe correctamente, es decir, se cumpla con el estándar y lo que éste comprende, lo que exigirá disciplina. De nada servirá hallar una metodología para tener las áreas de trabajo organizadas, ordenadas y limpias y haber establecido un estándar para ello, si luego no se lleva a la práctica, ya que no se producirá ninguna mejora en la eficiencia.

En efecto, mantener el hábito de cumplir con los estándares exige una dosis importante de disciplina; tal es el caso de devolver las herramientas a su sitio, después de utilizarlas, por poner un ejemplo; en definitiva sin esta quinta "S" no terminarán de implementarse de una forma efectiva y menos aún, duradera, las

otras cuatro. Disponer de la infraestructura que facilita el mantenimiento de los estándares, motivación para hacerlo, tiempo para acostumbrarse y el reconocimiento adecuado a la labor bien hecha, serán sin duda aspectos determinantes para que acabe implementándose la disciplina que se requiere (se verá compensada y recompensada).

La dirección puede y debe facilitar en gran medida los aspectos anteriormente comentados y por tanto tendrán una participación importante para que, al final, las “5S’s” se implementen de forma perdurable.

Como conclusión, el establecimiento de un programa “5S’s” y su cumplimiento permitirá mejoras importantes en la productividad, costos, rapidez en la ejecución de los procesos (y por tanto en las entregas) calidad, seguridad, confianza en los clientes y en definitiva, mejora del nivel de beneficios; pero, a los efectos del TPM constituirá la base de la mayoría de las actuaciones en el marco del MA.

## **5.5 CONDICIONANTES BÁSICAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

La implementación del Mantenimiento Autónomo supone un importante cambio de mentalidad para el personal productivo. El operario de máquina no está, hasta su implementación, acostumbrado a ocuparse de otra cosa que de la operativa del proceso. Con el desarrollo de este sistema llegará a un conocimiento mucho más profundo de la máquina que opera, de sus necesidades y de los problemas que puede tener antes de que ocurran.

De hecho, el cambio de mentalidad en la implementación de un programa TPM completo supondrá que las personas cuyo cargo se halla en los procesos y equipos con los que se desarrollan, deberán alcanzar el nivel adecuado de:

- **Autocontrol:** asumiendo las responsabilidades correspondientes sobre el producto.
- **Automantenimiento:** asumiendo las relacionadas con los equipos e instalaciones.

- **Preparación y programación:** en relación con la adecuada gestión previa de los equipos y otros elementos del proceso, antes de iniciarse la producción.

La implementación del MA es más un cambio de actitud, una mentalización, una implicación personal con el proceso, que una cuestión de mera formación, ya que las operaciones de limpieza y mantenimiento básico que engloba, son poco complicadas de aprender. La misma limpieza es una auténtica cuestión de implicación, ya que el operario tiende a pensar que es una pérdida de tiempo y, lo que es peor, de productividad, lo que lo hace muy reacio al comienzo; pero por otra parte, adquiere un especial interés en mantener limpio aquello que le ha costado un esfuerzo más o menos limpiar.

Otro aspecto a tener presente antes del comienzo de la implementación del MA es la fijación de objetivos y la forma de medirlos para tener constancia de la progresiva obtención de los mismos. Sean cuales sean estos objetivos, deberán responder a dos tipos:

- **Reducción de pérdidas**, que pueden estar relacionadas con las seis ya expuestas:
  - Reducción de averías (en cantidad o tiempo que mantienen la instalación parada, relacionadas con un período base).
  - Reducción de tiempos de preparación (relacionados asimismo con los existentes para un período base).
  - Reducción de paradas cortas (en cantidad o tiempo y relacionadas con un período base).
  - Mejoras en pérdidas de velocidad (tiempo necesario para llevar a cabo un proceso y su relación con el de un período base).
  - Mejoras en las puestas en marcha (tiempo empleado en alcanzar las condiciones de régimen relacionado con el de un período base).
  - Producción defectuosa (también relacionada con la correspondiente a un período base).

- **Mejora de la productividad del proceso**, que al principio debe ser importante para estabilizarse a medida que se mejora. Su medida podrá referirse a la producción obtenida en un período dado (por ejemplo un día), el cual puede relacionarse, para seguir la misma pauta que con la reducción de pérdidas, con la productividad para un período base.

Por otra parte, antes de proceder a comenzar la implementación de un programa de MA, deben identificarse las áreas que se involucrarán en el programa y todo cuanto concierna a dicha implementación (equipos, personas, etc.).

## **5.6 ETAPAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

Cuando una empresa entiende que debe evolucionar desde los sistemas de producción tradicionales, con lotes y tiempos de preparación que comportan plazos de espera grandes, operarios con una formación mínima y calidad verificada por inspección a sistemas más eficientes, ágiles y flexibles, que se comporten de modo opuesto en base a la producción ajustada y el TQM, la inclusión del TPM y el MA en particular será una medida de gran importancia dada su complementariedad con los citados sistemas de gestión.

El objetivo final del TPM será, según ya se dijo, operar un conjunto de equipos e instalaciones productivos más eficientes con un volumen menor de inversiones en ellos y mayor flexibilidad del sistema productivo.

Inicialmente el MA tendrá como objetivo la eliminación de las seis grandes pérdidas, en la medida que pueda hacerse desde el propio puesto de trabajo, y por tanto se tratará de eliminar o reducir:

- **Pérdidas de las puestas en marcha:** habitualmente, la puesta en marcha rápida y efectiva depende del trabajador que opera con el equipo, su diligencia y destreza, lo que lo sitúa una vez más en la órbita del MA.

- **Pérdidas de velocidad del proceso**, respecto a lo cual se puede reiterar en la gran dependencia del operario del puesto productivo.
- **Averías y fallos** en los equipos, ya que uno de los propósitos del mantenimiento autónomo es actuar para evitarlos y prevenir su ocurrencia, y en ciertos casos corregir las que se hayan dado.
- **Tiempos de preparación:** será una exigencia directa de la agilidad y flexibilidad que comportará trabajar con series cortas.
- **Defectos de calidad** imputables a una mala operativa del equipo; sin duda el trabajador responsable de esta operativa será el primero en apercibirse y conocer los motivos de cualquier problema en este sentido. Además si el TPM se implementa conjuntamente con el TQM (gestión de la calidad total), el aseguramiento de la calidad del proceso será también responsabilidad del puesto de trabajo.
- **Pequeñas paradas**, que con toda seguridad dependerán en gran medida del trabajador tanto si ocurren en una máquina con la que opera directamente, como si se tratara de una línea automatizada (donde se suelen dar la mayoría de las pequeñas paradas), pero que está asimismo a su cargo.

En definitiva, con los sistemas de producción ajustada el JIT (justo a tiempo), TQM y el TPM, implantados simultáneamente podrá decirse que pueden alcanzarse tres grandes objetivos de forma simultánea:

- CERO DESPILFARROS
- CERO DEFECTOS
- CERO AVERÍAS Y PÉRDIDAS EN GENERAL

Con la implementación del MA se dará un cambio en la gestión de los equipos que comportará una reorientación de la gestión del personal. Además, y al igual que ocurre con cualquier sistema de gestión ágil, flexible y avanzado, comportará cambios en la organización, que la haga menos rígida y con más

autonomía departamental, que incluya además la participación de los departamentos más vinculados a la gestión de los equipos: ingeniería, producción, mantenimiento, calidad y recursos humanos, así como el compromiso total de la alta dirección.

Las actividades del MA se derivan de un cambio organizativo hacia actividades encuadradas en pequeños grupos autónomos multifuncionales con sus propios medios y objetivos, asimilables a los equipos de mejora continua y círculos de calidad.

La implementación del MA por etapas supondrá para cada una los correspondientes cambios a los tres niveles que se acaban de citar: gestión de los equipos, gestión del personal (y su adecuada formación y adiestramiento) y cambios organizativos. Deben definirse adecuadamente los objetivos de cada etapa, así como el objetivo final. Deben ser metas alcanzables y medibles, encaminadas a una implementación por etapas, con una política de reconocimiento y basándose en un proceso de mejora continua.

Para iniciar la implementación del MA, deben elegirse aquellas áreas que se consideren más adecuadas para su introducción; los procesos que se desarrollen en un contexto en el que se dé autonomía serán altamente adecuados, como sería el caso de células autónomas de fabricación, ya que constituyen en sí un equipo de trabajo autónomo con un responsable.

Dado que la implementación del Mantenimiento Autónomo implica que se involucren las personas y la organización en la nueva gestión de los equipos y su mantenimiento con los cambios de aprendizaje necesarios, será preciso que dicha implantación tenga lugar de forma paulatina, asumiendo distintos niveles cada uno de los cuales suponga una nueva progresión.

- **Nivel básico:** se referirá la introducción del mantenimiento básico, cuyo objetivo es la limpieza, engrase y apriete o ajuste de elementos fijos o móviles de los equipos.
- **Nivel de eficiencia** de las condiciones de los equipos: este nivel, que se acometerá una vez asumido el anterior, tiene como finalidad lograr mejoras efectivas a través de la inspección y consiguiente eliminación o reducción de las seis grandes pérdidas. En este nivel el equipo debe alcanzar sus condiciones óptimas de trabajo.

- **Nivel de plena implementación:** Con éste, el MA alcanzara la implementación completa, con la consiguiente organización de la operativa con el equipo e integración con la misma. Se estandarizará la operativa, su preparación y actividades que comporta y se integrará en ella el mantenimiento al nivel óptimo. Se estandarizará el control y se implantarán sistemas de control visual. Asimismo se integrará la mejora continua en todos los aspectos citados.

### **5.6.1 NIVEL BÁSICO**

Este nivel será fundamental para conseguir lograr la implementación del MA, dado que será la base sobre la que se apoyarán el resto de etapas. Será el primer paso para comprobar que el operario está receptivo para un cambio de actitud con relación a la manera de afrontar su trabajo diario. Habrá llegado el momento de poner en práctica lo que ha aprendido a lo largo de su entrenamiento, y lejos de ser una cuestión de añadir tareas de gran complejidad a su trabajo diario, será una cuestión de asimilar como propias unas tareas sencillas que antes no interpretaba como suyas.

En este nivel se desarrollarán las siguientes etapas de implementación del TPM:

1. Limpieza inicial.
2. Eliminación de focos de suciedad y limpieza de zonas inaccesibles.
3. Establecimiento de estándares de limpieza, inspección y otras tareas sencillas de mantenimiento autónomo.

#### **Etapa 1. Limpieza inicial**

La primera etapa en la implementación de un programa de MA consiste en la limpieza inicial del equipo y sus accesorios. La importancia de la limpieza es fundamental, hasta el punto de ser el pilar básico donde se apoya todo el programa.

Esto implica que en el TPM la limpieza no es una actividad meramente estética o de maquillaje del equipo, si no que su significado hay que entenderlo como medio de inspección y control del equipo y sus piezas. Así la limpieza

representa tocar, mirar cada pieza del equipo y cada área escondida del equipo, removiendo partículas de polvo, residuos, grasa, suciedad, etc. que se adhieren al equipo en busca de defectos ocultos y disfunciones latentes. Todo ello supone que la limpieza debe ser profunda y abarcar la máquina o equipo, tanto a nivel interno como externo.

El resultado de estas acciones es que el equipo aparece limpio y con imagen correcta. Sin embargo, tal como ya se ha dicho, en el TPM esto es un efecto y no un fin. Por el contrario sin una limpieza rigurosa y estricta, el equipo sufre innumerables problemas que, en mayor o menor grado, están relacionados con esa negligencia en las tareas de limpieza diaria. Los más significativos son los que se muestran en la tabla 5.3.

Hablar de limpieza en un contexto TPM equivale a descubrir defectos, anomalías, disfunciones, etc. la descripción secuencial de esta filosofía quedará reflejada en la figura 5.2 en la que puede apreciarse que una mejora en la limpieza facilita la inspección, y gracias a ésta podrán detectarse anomalías que puedan incidir en el tiempo de vida del equipo, en la mejora de la calidad, en el medio ambiente en el que se trabaja y en la reducción general de tiempos de producción perdidos.

1. FALLOS:	El polvo y las partículas extrañas se introducen en los elementos rotativos o deslizantes de las máquinas, en los circuitos eléctricos, etc., provocando fallos o averías por obstrucción, fricción, resistencia, corto circuito, etc.
2. DEFECTOS DE CALIDAD:	Las materias extrañas pueden provocar disfunciones del equipo que afectan a la calidad o bien pueden contaminar el producto.
3. DETERIORO ACELERADO:	La suciedad favorece la degradación del equipo a la vez que dificulta la visibilidad de defectos a corregir.
4. PÉRDIDA DE VELOCIDAD:	El polvo y la suciedad producen resistencia por fricción, desgaste y pérdidas de precisión que ocasionan frecuentes paradas y tiempos en

	vacío.
--	--------

*Tabla 5.3. Efectos producidos por suciedad.*



*Figura 5.2 Evolución hacia la detección de anomalías desde la limpieza.*

Desarrollar aptitudes de inspección a través de la limpieza requiere una importante experiencia directa por parte de los operarios, a la vez que adiestramiento y formación constante sobre las condiciones ideales del equipo y de los procesos. De esta forma, será más fácil y rápido detectar variaciones en el equipo o en sus condiciones que impidan alcanzar su estado óptimo o ideal. Es aconsejable basar el adiestramiento sobre hechos descubiertos por los propios operarios en sus equipos o según vayan planteándose dudas mientras realizan las tareas diarias básicas, la tabla 5.4 nos muestra una guía acerca de cómo efectuar la limpieza. Así empezarán a comprender la importancia de la limpieza como medio de mejora y se familiarizarán con tareas de mantenimiento primario, al tiempo que sentirán deseos de hallar soluciones que faciliten una limpieza fácil.

Limpieza	Inspección	Detección anomalías
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpiar diariamente el equipo.</li> <li>- Limpiar en profundidad toda la suciedad acumulada.</li> <li>- Limpiar todos los rincones, zonas inaccesibles, áreas escondidas, etc.</li> <li>- Limpiar del mismo modo las piezas externas al equipo, accesorios, herramientas, plantillas o unidades de equipos auxiliares.</li> <li>- Limpiar los alrededores del equipo a conciencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buscar defectos visibles e invisibles.</li> <li>- Checar tornillos y tuercas.</li> <li>- Checar puntos de engrase, niveles de lubricante, alimentación de combustibles.</li> <li>- Averiguar los obstáculos que impiden una limpieza, lubricación y sujeción de tornillo adecuados.</li> <li>- Checar etiquetas, placas de identificación, etc.</li> <li>- Checar aparatos de medida y control.</li> <li>- Checar herramientas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tornillos y tuercas flojos.</li> <li>- Grietas y fisuras.</li> <li>- Rozaduras.</li> <li>- Abolladuras.</li> <li>- Piezas rotas o en mal estado.</li> <li>- Vibraciones.</li> <li>- Calentamientos.</li> <li>- Fugas o escapes.</li> <li>- Corrosiones internas.</li> <li>- Obstrucciones.</li> <li>- Debilidades que dificultan las tareas.</li> </ul>

Tabla 5.4. Actividades de cada etapa en la limpieza.

### **Etapa 2. Eliminación de focos de suciedad y limpieza de zonas inaccesibles**

Esta etapa llega de forma natural después de realizar la limpieza inicial y comprobar que el equipo se vuelve a ensuciar rápidamente o existen zonas cuyo acceso es imposible o peligroso, de tal forma que el tiempo y esfuerzo invertido es enorme. Esto lleva a activar la motivación de los operarios para descubrir y eliminar cualquier frente de suciedad que contrarreste aquello que tanto trabajo les ha costado limpiar. Además, esta motivación acaba derivando en entusiasmo por investigar métodos que faciliten las tareas de limpieza.

***Actividades propias de esta fase:***

- Identificar y eliminar los focos de suciedad.
- Mejorar la accesibilidad a las zonas susceptibles de ser limpiadas.
- Elaborar planes más adecuados para llevar a cabo una limpieza efectiva, mejorando progresivamente los métodos utilizados y, en su caso, realizando mejoras en los equipos, tanto por lo que se refiere a la eliminación de focos de suciedad como a la accesibilidad de las áreas a limpiar. Una de las consecuencias que cabe esperar de la mejora de métodos es el acortamiento progresivo del tiempo necesario para llevar a cabo la limpieza, lo que tendrá mucho que ver con la resolución de la limpieza en zonas difíciles y la eliminación de focos de suciedad.

Como ejemplos de soluciones para los problemas de limpieza, incluidos rincones difíciles y focos de suciedad se pueden citar:

- Protecciones para zonas delicadas y difíciles de limpiar para que no llegue a ellas la suciedad.
- Bandejas para recogida de agua, aceites y taladrinas.
- Recogedores de viruta (los más frecuentes son de tipo magnético).
- Filtros de aire o de otros tipos.
- Sistemas de aspiración de polvo, fibras u otros elementos.

El objetivo que se persigue con estas actividades es reducir progresivamente el tiempo invertido durante la limpieza, la lubricación y los chequeos, y evitar los focos de suciedad, pero sobre todo aquellos que pueden condicionar la productividad.

**Etapa 3. Establecimiento de estándares de limpieza, inspección y otras tareas sencillas de mantenimiento autónomo.**

Una vez efectuadas las operaciones de limpieza, se pueden establecer las condiciones básicas (limpieza, lubricación, apretado de tornillos y tareas sencillas de MA) que aseguran la situación óptima del equipo. Para ello, los grupos de operarios fijarán estándares de los procedimientos de limpieza, engrase y sujeción de tornillos y asumirán la responsabilidad de mantener su propio equipo.

Las siguientes cuestiones deben completarse a la hora de formular y aplicar los estándares:

- **Elementos a inspeccionar a incluir en la estandarización:** determinar qué elementos de los equipos han de ser revisados.
- **Aspectos claves a estandarizar** que se prevean los efectos de una limpieza, lubricación y sujeción negligentes.
- **Metodología a estandarizar:** emplear los métodos más simples y fáciles para verificar. En la medida de lo posible, conviene que incluyan controles visuales que ayudan a ejecutar rápida y correctamente las acciones correspondientes. También se incluirán en el estándar los útiles y herramientas que deberán utilizarse en la limpieza, chequeos, lubricación, aprietes, etc., catalogarlas claramente y organizarlas adecuadamente.
- **Tiempos estándar:** asignar un tiempo determinado para las tareas y establecer objetivos alcanzables. Estos tiempos deben ir reduciéndose en las sucesivas mejoras.
- **Frecuencia estándar:** fijar la frecuencia de las inspecciones y supervisar los resultados. Con las sucesivas mejoras se podrán prolongar estos intervalos de inspección.
- **Responsabilidades:** asignar claramente las funciones de cada persona, evitando descuidos o duplicidades, tanto de funciones como de personal.

- **Cumplimiento de los estándares:** en ocasiones se elaboran adecuadamente los estándares, pero luego no se aplican, o se hace a un nivel muy bajo, de forma que no se reducen las pérdidas, ni se mejora la productividad ni las condiciones de trabajo. El papel de la dirección puede ser, en este punto, determinante para asegurar el cumplimiento de los estándares.

La etapa de estandarización de las operaciones básicas de mantenimiento autónomo con la que termina el nivel básico puede asumirse con mayor rapidez y buenos resultados, si las dos etapas precedentes se han cubierto correctamente, con el resultado de que habrán mejorado sensiblemente, no sólo la productividad, sino también las condiciones de trabajo. Con una implantación adecuada, esta etapa puede cubrirse a los ocho a diez meses de iniciarse el programa de MA.

#### **5.6.2 NIVEL DE EFICIENCIA**

Este nivel cubre otras dos etapas de implementación paso a paso:

4. Inspección general del equipo.
5. Inspección autónoma del equipo.

Los objetivos en el nivel al que se hace referencia serán más exigentes que el anterior; debe consolidarse la mejora de la productividad y de las condiciones de trabajo, acompañadas de una mejora en el MTBF (tiempo medio entre paradas, con o sin avería) y un alargamiento de la vida de los equipos.

#### **Etapa 4. Inspección general del equipo**

La inspección general pretende introducir controles sobre los elementos vitales del equipo que mantengan el mismo en perfecto orden de funcionamiento, cubriendo adecuadamente los aspectos del citado funcionamiento de forma que sea correcto y fiable, la calidad de la producción y la seguridad del proceso.

Para que los operarios puedan ser capaces de extraer conclusiones de lo que ven, oyen o notan en el equipo mediante las inspecciones y chequeos, será necesario instruirlos sobre la estructura, características, tecnología y funciones del equipo que manejan. Sólo así podrán realizar inspecciones válidas sobre el deterioro del equipo.

De esta manera, los operarios no se limitarán a pulsar los conmutadores que ponen en marcha el equipo sin saber nada más de él y a aplicar hojas de chequeo para realizar inspecciones como autómatas. Una vez que hayan sido entrenados y tengan la práctica necesaria para llevar a cabo inspecciones generales, pueden preparar hojas de chequeo que cubran sus propios requerimientos; estas hojas pueden tener un formato y tipo de información similares a la mostrada en la tabla 5.5, aunque en esta etapa es conveniente que existan unas instrucciones específicas para la operativa de la inspección general, las cuales pueden venir acompañadas con dibujos claros acerca de cómo actuar y cómo no.

Máquina o equipo: _____					Semana: _____				
Elemento	Operación	Método	Útiles	Tiempo minutos	Ejecución y turno				
					Lun	Mar.	Miér.	Jue.	Vier.
					1 2	1 2 3	1 2 3	1 2	1 2 3
Bancada	Limpieza	A mano	Trapo seco	4	x	x x	x x	x x	x x
Sujetador	Inspección grietas	Visual	Foco	3		x			
Porta Herram.	Limpieza	A mano	Trapo seco						x

Tabla 5.5 Documentación de los estándares.

También hay que controlar los intervalos de inspección general, que pueden ser diarios, semanales, mensuales, etc., según se planifiquen. Por exigencias de la producción, las inspecciones diarias se limitarán al deterioro del equipo que afecte directamente a la seguridad y calidad del producto (limpieza, lubricación, fijaciones, etc.). Además, estas inspecciones diarias han de centrarse en unos pocos elementos, para favorecer la realización concienzuda y la integración gradual en las tareas cotidianas.

### **Etapa 5. Inspección del equipo**

El objetivo de esta etapa es que con los esfuerzos anteriormente realizados se incorporen progresivamente las tareas de inspección al mantenimiento realizado por un grupo autónomo, al tiempo que constituyen una depuración sistemática del deterioro del equipo, debe optimizarse todo cuanto afecta al mantenimiento correcto del equipo y, además, la calidad, fiabilidad y seguridad. Para esto, es necesario considerar las siguientes fases:

- **Revisión de los estándares realizados en las etapas tercera y cuarta.** Deben revisarse los resultados obtenidos en la mejora de las seis grandes pérdidas, reducción del MTBF, aumento de la productividad y mejora de las condiciones de trabajo.
- **Objetivos de la inspección.** Partiendo de las especificaciones de diseño del equipo y de su historial de averías, pérdidas de capacidad o defectos. Hay que incluir los componentes básicos funcionales del equipo (tornillos, sistemas de lubricación, sistemas eléctricos, instrumentación, etc.).
- **Establecimiento de las magnitudes a alcanzar para los objetivos** de la inspección. Se trata de fijar los niveles de capacidad, cantidad de averías, valores del MTBF y tolerancias para la calidad que se consideren correctos.
- **Creación de un equipo de trabajo mixto** integrado por personal de ingeniería, mantenimiento, calidad y producción, a fin de analizar y dar solución a los problemas fijados en los objetivos de la inspección.

- **Confección de las instrucciones de la inspección y de los registros de las actividades** correspondientes a los nuevos estándares a implantar; asimismo, se registrarán en manuales o en hojas de chequeo, junto con la información técnica necesaria para realizar correctamente las actividades, como por ejemplo, gráficos, maquetas, diagramas, transparencias, etc.
- **Establecimiento e implantación de un plan de formación** a llevar a cabo por el departamento de mantenimiento conjuntamente con los responsables de producción; por su parte, la implantación estará basada en una planificación cuidadosa y a largo plazo, comenzando por el adiestramiento de los líderes de grupo, sobre los cuales recaerá la responsabilidad de formar a los miembros del mismo.

A partir de ahí, los operarios de producción podrán realizar ya:

- Las inspecciones generales que correspondan.
- Valoración de los resultados.
- Estandarización de los procedimientos de inspección.

### **5.6.3 NIVEL DE PLENA IMPLEMENTACIÓN**

El nivel de implementación total supone la autogestión completa en el marco del mantenimiento autónomo, y la estandarización de los métodos, las operaciones y los chequeos. Abarca otras dos etapas del proceso de implementación del MA en el marco del TPM:

1. Organizar y ordenar el área de trabajo.
2. Completar la gestión autónoma del mantenimiento.

#### **Etapa 6. Organizar y ordenar el área de trabajo**

La gestión del área de trabajo está perfectamente contemplada en el mantenimiento autónomo. Se trata de aplicar dos de las “5S’s”: organización (seiri) y orden (seito).

Aunque parece una tarea sencilla, requiere adquirir conciencia de las funciones a llevar a cabo de cada operario y mantener este orden y limpieza estará dentro del plan de mejora continua (kaizen).

El orden se refiere a la disposición de los elementos necesarios para el área de trabajo, es decir, aquellos que han sobrevivido a la organización, de forma que su utilización sea lo más rápida y sencilla posible.

Además de los equipos, se han de manejar herramientas, útiles, plantillas, matrices, accesorios, materiales, instrumentos de medida y control, etc. La organización y orden abarcan todos estos elementos, de forma que cada cosa esté donde debe estar, en el momento en que se necesita, en la cantidad exacta y con la cantidad precisa.

### **Etapa 7. Completar la gestión Autónoma del Mantenimiento**

La planta que haya asumido los niveles anteriores del MA habrá alcanzado condiciones óptimas en el equipo apoyadas en un sistema de estándares adecuados. Los operarios expertos en los equipos que manejan son capaces de detectar y corregir las anomalías ocurridas en su trabajo diario, a través de chequeos y otras actividades.

La tabla 5.6, resume los niveles anteriores y su equivalencia con las fases de formación de los operarios.

<b>Niveles de mantenimiento autónomo</b>	<b>Niveles para capacitación de operarios</b>
1. Limpieza inicial	Puede detectar problemas y comprender los principios y procedimientos de mejora del equipo
2. Eliminación de focos de suciedad y zonas inaccesibles	
3. Establecimiento de estándares	Conoce la función y la estructura del equipo
4. Inspección general	
5. Inspección autónoma	Conoce las relaciones entre la precisión del equipo y la calidad del producto
6. Organización y orden	
7. Gestión autónoma completa	Puede reparar el equipo

*Tabla 5.6 Relación del nivel de capacitación alcanzado en cada etapa.*

Las distintas etapas de la implementación del MA deben abordarse con mucha precaución y con total seguridad de que se puede dar el salto de una a la siguiente; es decir que hasta que no haya una garantía de que ha sido superado todo cuanto exige una etapa no debería pasarse a la que sigue. Este paso debería llevarse a cabo con la supervisión de los responsables de la implementación del programa, e incluso puede establecerse una auditoría interna para aprobar el cambio de etapa, en base a un documento en el que consten los objetivos a cumplir en la etapa actual y el nivel al que han sido alcanzados, de forma que sólo cuando todos los objetivos alcancen el nivel de suficiencia exigida pueda autorizarse el paso a la etapa siguiente.

## **CAPITULO 6.- DESARROLLO DEL TPM EN UN CASO PRÁCTICO**

### **6.1 INTRODUCCIÓN**

COMPUESTOS EXOTERM S.A. DE C.V. es una empresa mexicana la cual está dirigida hoy en día por el Director y Fundador de la misma, quien cuenta con más de 40 años de experiencia en el ramo de productos auxiliares para fundición y siderurgia.

La empresa fue fundada en el año 1985 con una producción original dirigida hacia camisas exotérmicas para fundición por gravedad. Hoy en día, han diversificado su gama de productos por lo que ofrecen camisas aislantes y exotérmicas, polvos exotérmicos, aglutinantes, pinturas, mazarotas, tejas aislantes, etc... Altamente resistentes a las condiciones extremas de calor y fricción propios de las diversas operaciones de fundición.

Orgullosamente son una empresa familiar con más de 28 años de operaciones y gracias al profundo conocimiento de sus procesos, fabrican productos confiables para la industria de la fundición. Asimismo ofrecen servicios de asesoría para elaborar especialidades requeridas por sus clientes.

Sus Instalaciones son adecuadas para la gama de productos elaborados y la producción se sustenta en procedimientos de producción compatibles con el medio ambiente.

La política de la empresa a través de inversiones continuas, así como de la renovación de los procedimientos está orientada a asegurar un futuro estable y certeza en que la calidad de sus productos permita a los clientes mejoras en su proceso productivo.

## 6.2 PRODUCTOS

Esta empresa produce una diversa gama de productos tales como:

- Camisas exotérmicas
- Camisas aislantes
- Camisas exotérmicas cónicas
- Camisas exotérmicas aislante – PSD
- Camisas exotérmicas aislantes oblongas
- Camisas aislantes atmosféricas

En la figura 6.1 se pueden observar algunos de los productos que fabrica EXOTERM.



*Figura 6.1 Modelos de Camisas Exotérmicas.*

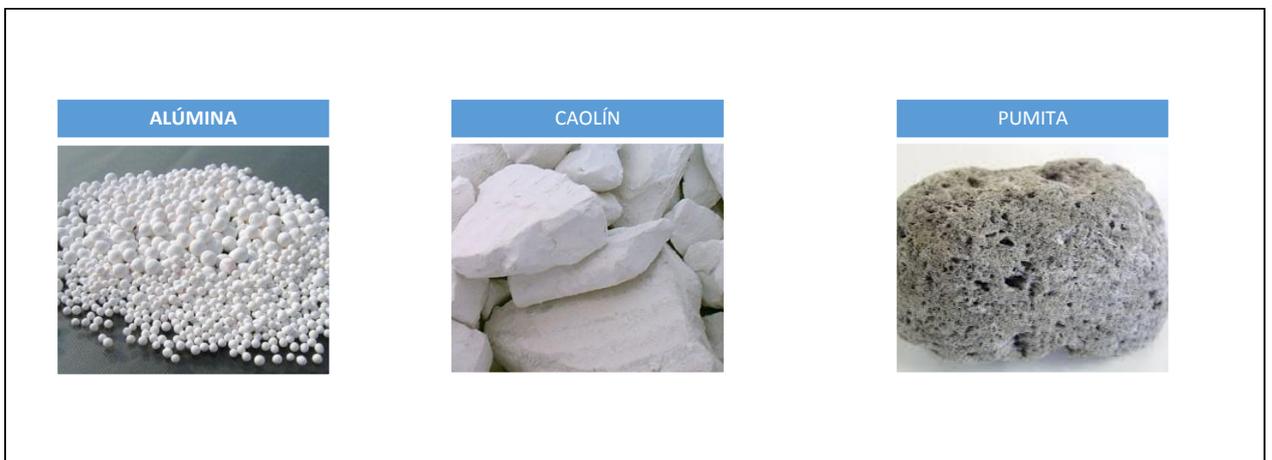
Las camisas exotérmicas permiten producir más piezas con la misma cantidad de material fundido, porque reducen las pérdidas y dosifica el contenido de metal en los canales alimentadores, con lo cual se consigue una reducción de costos.

### 6.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE CAMISAS EXOTÉRMICAS

El proceso para realizar las camisetas exotérmicas consta de los siguientes procesos:

1. **Preparación de materia prima** : Para comenzar el proceso se prepara la materia prima que se utilizará para la fabricación de camisetas exotérmicas, los materiales varían dependiendo del producto a realizar, algunos de estos materiales son:
  - a. Pumita en piedra
  - b. Alúmina
  - c. Balsita
  - d. Óxido ferroso
  - e. Caolín
  - f. Óxido de aluminio
  - g. Fibra cerámica

Un ejemplo de estos materiales se pueden observar en la figura 6.2.



*Figura 6.2 Materia prima utilizada para elaborar camisetas exotérmicas*

- 2. Mezcla y refinamiento de materia prima:** una vez determinada la cantidad de materiales para utilizar se procede a mezclarlos utilizando molinos especializados, este proceso tiene una duración aproximada de 30 a 90 minutos dependiendo la cantidad y tipo de material utilizado. Una vez mezclados los materiales se utiliza una criba para refinarlos lo más posible, posteriormente se almacenan en sacos especiales con etiquetas para poder identificarlos fácilmente.
- 3. Pulpeado:** El siguiente proceso consiste en utilizar los sacos de materiales previamente almacenados y llevarlos a una máquina pulpeadora la cual se puede observar en la figura 6.3, donde se mezclarán junto con otros materiales tales como aglutinantes especiales y papel periódico.



*Figura 6.3 Máquina pulpeadora*

- 4. Formación de camisas exotérmicas:** Una vez que termina la máquina pulpeadora, la mezcla obtenida es enviada por conductos especiales a las máquinas formadoras que se pueden observar en la figura 6.4, las cuales se encargan de darle la forma a las camisas exotérmicas mediante moldes especiales.



*Figura 6.4 Máquina formadora de camisas exotérmicas*

- 5. Horneado:** El último proceso es el horneado, los moldes obtenidos de las máquinas formadoras se colocan en charolas especiales las cuales son llevadas a un horno industrial (Identificado en la figura 6.5), para que se endurezcan, este proceso tiene una duración de cuatro a ocho horas dependiendo el tipo de camisas y cantidad ingresada al horno. Posteriormente las camisas se empaquetan en bolsas de plástico selladas con calor y son llevadas al almacén de producto terminado.



*Figura 6.5 Horno utilizado para realizar camisas exotérmicas.*

EXOTERM produce una gran variedad de productos y cada uno de ellos lleva una fórmula diferente y un tiempo de terminación distinto.

#### **6.4 ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL TPM A LA MÁQUINA FORMADORA DE CAMISAS EXOTÉRMICAS**

##### **Etapa 1: Anuncio de la alta dirección de la decisión de aplicar el TPM.**

La primera etapa consiste en realizar una junta con la dirección, en la cual se discutirá acerca de implementar un sistema TPM y se mencionarán los beneficios que implica aplicar esta herramienta a la empresa.

Una vez aceptado por parte de la dirección implementar el TPM, se creará el entorno apropiado para comunicar a toda la empresa la decisión.

Se realizará una junta en la cual asistirán todos los gerentes de los siguientes departamentos:

DEPARTAMENTO	
1	Departamento de Mantenimiento.
2	Departamento de planeación.
3	Departamento de Producción.
4	Departamentos de Administración y R.H.
5	Departamentos de Compra y Venta.
6	Departamento de Control de Calidad.

*Tabla 6.1 Departamentos involucrados en la implementación del TPM*

Los gerentes de cada área serán los encargados de informar a los trabajadores de cada departamento la decisión de implantación del TPM, también se crearán trípticos y boletines informativos con el objetivo de que todas las personas que trabajan en la organización se enteren de esta decisión.

### **Etapa 2. Información sobre TPM**

Dos días después que ya se haya comunicado la decisión de implementar el TPM, se designará a un responsable de crear una campaña educativa que servirá como una fuente de información más detallada para todo el personal de la empresa.

El responsable de esta campaña tiene que ser una persona profesional en el tema TPM y seleccionará a un equipo especializado para explicar al personal todo lo relacionado con este tema, también se encargarán de elevar la moral de los empleados y romper su resistencia al cambio.

### **Etapa 3: Estructura promocional del TPM.**

Una vez que el personal tenga una idea más clara de lo que se trata el TPM se procederá a la promoción del sistema mediante grupos promotores donde estarán involucrados todos los niveles jerárquicos de la organización de tal modo que exista conexiones entre todos para facilitar la comunicación, dichos grupos estarán conformados como se observa en la tabla 6.2

<b>Puesto</b>	<b>Cargo</b>
Director general de la compañía	El director general será el líder del grupo de promoción del TPM
Directores generales de plantas	Cada director de planta será el encargado del grupo de promoción del TPM en su respectiva planta
Gerentes de áreas	Los gerentes de área serán los encargados del grupo promocional del TPM en las diversas áreas de la empresa (Calidad, Producción, Mantenimiento, Planeación)
Grupos locales multidisciplinarios	Se crearán grupos pequeños dentro de la planta formados por un integrante de cada área de la empresa, la selección de este personal estará determinada por cada gerente de área y se encargaran de promocionar el TPM al nivel de suelo de fábrica.

*Tabla 6.2 Estructura promocional del TPM*

Será de gran importancia que todos los niveles tengan una correcta organización ya que esta fase es crítica para poder continuar implementando el TPM.

#### **Etapas 4: Establecer políticas básicas TPM y fijar objetivos.**

En esta etapa se establecerán las siguientes metas y objetivos que lograremos con el TPM los cuales serán:

#### **Objetivos**

- Reducir las averías de los equipos.
- Reducir el tiempo en el que los operarios de producción preparan sus máquinas y materiales.
- Lograr que los operarios usen de la mejor manera sus equipos correspondientes.
- Usar las herramientas de trabajo de la mejor manera.
- Todo el personal será más autosuficiente y capacitado.
- Optimizar los recursos.
- Obtener menos desperdicio de recursos y averías en los equipos.
- Crear un plan de mantenimiento eficaz.

## Políticas

- Compromiso por parte de todos los integrantes de la empresa.
- Puntualidad en el trabajo.
- Los puestos de trabajo en la empresa son de carácter polifuncional; ningún trabajador podrá negarse a cumplir una actividad para la que esté debidamente capacitado.
- Asumir una buena actitud al cambio.
- Todos los integrantes de la empresa deben mantener un comportamiento ético.
- Seguir las indicaciones de los mandos superiores para lograr una mejor ejecución del trabajo.

## Etapa 5. Creación de un plan maestro para el TPM

Esta etapa tendrá inicio con la creación de un Plan de Mantenimiento Autónomo aplicado a la máquina formadora de camisas exotérmicas número 4 realizado con la ayuda de los distintos operarios que la operan.

La tabla 6.3 muestra los datos generales de la máquina formadora de camisas a la cual se le aplicará el TPM.

Máquina: Formadora de Camisas Exotérmicas nº 4					
Datos Operativos		Datos Generales			
Año de construcción	NA	Modelo	NA		
Tiempo de garantía	NA	Nº de serie	NA		
Inicio operación	NA	Fabricante	NA		
Tiempo vida útil	12 años	Proveedor	NA		
Función	Formar camisas	Nº orden de compra	NA		
		Ubicación	Producción		
Características Técnicas			Componentes Principales		
Característica	Valor	Unidad	Ítem	Componente	
Velocidad	10	Hp	1	Motor eléctrico – reductor	
Potencia	600	Rpm	2	Mangueras y conectores de vacío	
Presión de vacío	175	Psi	3	Mangueras y conectores de aire a presión	

Pistón ascenso/descenso	2		4	Mangueras y conectores de agua
Dimensión Tina	550	mm	5	Tablero eléctrico
Tipo de correo 3-B	3		6	Bandas
Peso	173	kg	7	Impulsor

Tabla 6.3 Características generales de la maquina formadora de camisas exotérmicas nº 4.

### **Etaapa 6. Creación de un Plan de Mantenimiento Autónomo**

Como paso siguiente se realizará un Plan de Mantenimiento Autónomo de la máquina formadora de camisas exotérmicas mencionada anteriormente. Para la realización de este Plan de Mantenimiento Autónomo es fundamental hacerlo con ayuda de los operarios que trabajan con la máquina ya que ellos son los que tienen más conocimientos acerca del funcionamiento de esta, así como sus fallas, defectos, capacidad de producción, etc.

En la tabla 6.4 se muestra el Plan de Mantenimiento realizado a la máquina formadora de camisas exotérmicas número 4.

Parte a verificar	Descripción de actividades	Materiales y Equipo de seguridad	Periodicidad	Ayuda Visual
<b>Base para mesa de moldes de camisas.</b>	Limpiar la base de metal eliminado todas las impurezas y el óxido que exista.	Cepillo de alambre, trapo, agua, antioxidante. / Guantes, lentes de seguridad.	Diario	
<b>Conducto de escape de material para los moldes.</b>	Verificar que el conducto no tenga ninguna obstrucción y en caso de presentarla removerla introduciendo un cepillo circular en él.	Cepillo de fibra metálica circular. / Guantes, lentes de seguridad.	Diario	
<b>Base de la mesa de moldes de camisas exotérmicas.</b>	Verificar que los tornillos de sujeción de los moldes estén correctamente ajustados, de lo contrario utilizar un desarmador tipo Allen y ajustarlos.	Llave Allen nº 3. / Guantes.	Diario	

<p><b>Tablero de control</b></p>	<p>Verificar que los interruptores del tablero funcionen adecuadamente y estén en buen estado verificando la continuidad en lo cables eléctricos</p>	<p>Multímetro, Guantes aislantes, lentes de seguridad.</p>	<p>Diario</p>	
<p><b>Mallas para moldes de camisas exotérmicas.</b></p>	<p>Checar que las mallas se encuentren en buen estado, de lo contrario retirarlas con una llave Allen y removiendo la pasta automotiva con una espátula plana.</p>	<p>Llave Allen nº 3, espátula plana, mallas de repuesto nº 20. / Guantes, lentes de seguridad</p>	<p>Semanal</p>	
<p><b>Mallas para moldes de camisas exotérmicas.</b></p>	<p>Verificar la mesa de moldes y checar que no existan fugas de aire en la base de las mallas, en caso de fugas cubrirlas con pasta automotiva.</p>	<p>Pasta automotiva. / Guantes, lentes de seguridad</p>	<p>Diario</p>	

<p><b>Soportes de motor y eje principal de la formadora.</b></p>	<p>Limpiar los soportes y el eje principal de la maquina asegurando que no queden residuos de material.</p>	<p>Cepillo de fibras metálicas, desengrasante, trapo, agua. / Guantes, lentes de seguridad, cubre bocas.</p>	<p>Semanal</p>	
<p><b>Chumacera del eje principal de la formadora.</b></p>	<p>Revisar y engrasar la chumacera del eje principal.</p>	<p>Grasa sintética multiuso. / Guantes, lentes de seguridad, cubre bocas.</p>	<p>Cada 6 meses</p>	
<p><b>Mangueras y conectores de vacío.</b></p>	<p>Checar que las mangueras conductoras de vacío no estén rotas ni tengan fugas, en caso de haberlas cambiarlas por una nueva.</p>	<p>Manguera tipo resorte, conector. / Guantes.</p>	<p>Diario</p>	

<p><b>Tuberías de cableado eléctrico.</b></p>	<p>Limpiar y checar que las tuberías de pvc estén correctamente ensambladas de lo contrario utilizar codos de pvc para ajustarlos.</p>	<p>Codos de pvc de 90°, trapo, agua, jabón. / Guantes, lentes de seguridad, cubre bocas.</p>	<p>Diario</p>	
<p><b>Pistones del riñón de la formadora</b></p>	<p>Checar que los pistones del riñón estén bien ajustados utilizando una llave inglesa n° 3 y limpiar cualquier suciedad en ellos.</p>	<p>Llave inglesa n° 3, trapo, cepillo de alambre. / Guantes, cubre bocas.</p>	<p>Mensual</p>	
<p><b>Motor de 3 hp, 220 v, 7A.</b></p>	<p>Limpiar la parte exterior del motor así como la tapa delantera y la trasera.</p>	<p>Cepillo de alambre, trapo, desengrasante. / Guantes, lentes de seguridad, cubre bocas.</p>	<p>Semanal</p>	

<p><b>caja de interruptores de carga eléctrica</b></p>	<p>Limpiar la caja de interruptores y eliminar cualquier impureza que exista en ella.</p>	<p>Trapo. / Guantes aislantes, lentes de seguridad.</p>	<p>Semanal</p>	
<p><b>Tubo alimentador de mezcla para camisas.</b></p>	<p>Checar que el tubo alimentador este completamente fijo en la pared, observar si existen posibles fugas y realizar una limpieza completa al tubo.</p>	<p>Trapo, agua, jabón, cepillo de alambre. / Guantes, lentes de seguridad, cubre bocas.</p>	<p>Mensual</p>	
<p><b>Tornillos de sujeción de la mesa de moldes</b></p>	<p>Verificar que los tornillos de sujeción de la mesa estén completamente apretados y no existan piezas sueltas ni deterioradas.</p>	<p>Llave inglesa, rondanas, tornillos. / Guantes, lentes de seguridad.</p>	<p>Semanal</p>	

Tabla 6.4 Plan de mantenimiento Autónomo

Las actividades que se incluyen en el plan de MA serán elegidas por el responsable de implementar el TPM a la máquina en base a un estudio realizado para saber qué actividades son capaces de cumplir los operadores sin afectar de manera significativa el proceso de producción.

Las actividades en el plan de MA deben de ser aprendidas por todos los operarios de esa máquina mediante la capacitación por parte del personal de mantenimiento especializado que tenga conocimientos acerca de cómo arreglar los defectos que ocurren utilizando las herramientas y los materiales ideales para cada problema.

### **Etapa 7. Formatos utilizados para el seguimiento del TPM**

Para realizar el seguimiento completo del TPM es necesario seguir un plan de acción el cual consta de los siguientes pasos y formatos utilizados.

**1. Inicio de actividades:** Al inicio de la jornada el operario deberá realizar una inspección a la máquina formadora de camisas exotérmicas mediante un Check List Semanal previamente elaborado por los responsables de implementar el TPM, el cual se le entregará al operario previamente capacitado acerca de cómo llenarlo. El formato del Check List Semanal realizado para la máquina formadora de camisas exotérmicas se puede observar en tabla 6.5.

### Formato para un Check List Semanal

<b>(1)</b>	CHECK LIST SEMANAL (Mantenimiento Autónomo)																											
Maquina: <b>(2)</b>				Mes: <b>(3)</b>						Año: <b>(4)</b>																		
Equipo de seguridad para operación: <b>(5)</b>																												
																			<b>(9)</b>									
				Lunes			Martes			Miércoles			Jueves			Viernes			Sábado			Domingo						
Nº	Descripción de actividades <b>(6)</b>			Turno <b>(7)</b>			Herramienta / utensilio <b>(8)</b>			B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	
Observaciones y/o comentarios: <b>(11)</b>																												

Tabla 6.5. Formato para la realización de un Check List Semanal

## **Elementos que conforman un Check List de mantenimiento**

1. Se coloca el logotipo de la empresa.
2. Se refiere a la máquina a la cual se le va a aplicar el Check List (nombre, modelo, marca, etc.).
3. Se indica el mes en el que se realizara el Check List.
4. Se indica el año en el que se realizara el Check List.
5. En este espacio se coloca el equipo de seguridad que el operario necesita para realizar las actividades programadas.
6. Se indica una descripción breve de la actividad que tiene que realizar el operario de la máquina.
7. Se refiere al turno de trabajo en que se realiza el Check List.
8. En esta parte se colocará cuáles son las herramientas y/o utensilios que el operador necesita para cumplir con la actividad.
9. Se indican los días de la semana.
10. En estas casillas se coloca una valoración con respecto a la actividad realizada la cual es la siguiente:
  - a. B (color verde): Hace referencia a que la actividad fue realizada sin ningún inconveniente.
  - b. R (color anaranjado): Hace referencia a que la actividad realizada presenta dificultades que pueden ser solucionadas por el mismo operario.
  - c. M (color rojo): Hace referencia a que la actividad realizada presenta dificultades que el operario no puede solucionar y que necesita la intervención del personal de mantenimiento para su arreglo.
11. Se colocan todas las observaciones relevantes si es que existen.

## **2. Existencia de posibles defectos en la máquina**

El operario deberá realizar cada actividad programada en el Check List, en caso de que no exista ningún inconveniente al momento de realizar cada actividad señalada el operario podrá comenzar a operar la máquina normalmente.

En caso contrario y que en efecto si exista algún problema con alguna actividad el operario deberá identificar el problema, en caso de estar capacitado (mediante el plan de MA señalado anteriormente) podrá realizar el mantenimiento correspondiente utilizando las herramientas y materiales señalados los cuales podrá obtener mediante un Vale de Salida de Materiales (el formato utilizado se puede ver en la tabla 6.6), lo llenará y entregará al encargado del almacén. Una vez entregados los materiales se realizará el

mantenimiento correspondiente, al finalizar, el operario señalará en el Check List las observaciones relevantes a tal actividad.

Si el operario no está capacitado para realizar el mantenimiento correspondiente entonces deberá informar al encargado de área, el cual informará al Departamento de Mantenimiento.

El encargado del Departamento de Mantenimiento será responsable de enviar a los trabajadores indicados para realizar el mantenimiento a la máquina. Una vez finalizados todos los trabajos de mantenimiento indicados se llenará la Orden de Trabajo de Mantenimiento correspondiente (El formato se puede observar en la figura 6.7).

Una vez que la máquina este en óptimas condiciones el operario podrá realizar su trabajo correspondiente.

#### Formato para un Vale de Salida de Materiales

Logotipo	Nombre de la empresa	
VALE DE SALIDA DE MATERIALES		
Nº de solicitud: <b>(1)</b>		Fecha y hora de la solicitud: <b>(2)</b>
Solicita: <b>(3)</b>		Área: <b>(4)</b>
<b>Código (5)</b>	<b>Descripción (6)</b>	<b>Cantidad (7)</b>
Entregado por: <b>(8)</b>		
Recibido por: <b>(9)</b>		
Autorizado por: <b>(10)</b>		

Tabla 6.6 Formato para realizar un Vale de Materiales.

## **Elementos que conforman un Vale de Materiales**

1. Se indica el número de solicitud para llevar un control.
2. Se indica la fecha y la hora en que se solicita el material.
3. En este espacio se coloca el nombre de la persona que solicita el material.
4. Se refiere al área en la cual se aplicara el mantenimiento.
5. Se colocará el código del producto que se solicite.
6. Se refiere al nombre del material al que se le dará salida.
7. Se colocará la cantidad de material que se solicite.
8. En este espacio se coloca el nombre y firma de la persona encargada de dar salida del material de almacén.
9. En este espacio se coloca el nombre y firma de la persona que recibe el material del almacén.
10. En este espacio se colocará el nombre y firma de la persona que autoriza el Vale de Materiales.

### Formato de Orden de Trabajo de Mantenimiento.

<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px;">Logotipo</div>		Nombre: <b>(1)</b>		Código:	
				Fecha de Vigencia:	
<b>Orden de trabajo de mantenimiento</b>					
Nº de orden de trabajo: <b>(2)</b>		Fecha y hora de solicitud: <b>(3)</b>		Solicitado por: <b>(4)</b>	
Código del equipo: <b>(5)</b>			Nombre del equipo: <b>(6)</b>		
Tipo de trabajo a ejecutar: <b>(7)</b>			Tipo de mantenimiento : <b>(8)</b>		
<b>Trabajo solicitado (9)</b>					
Datos para ser llenado por el responsable de mantenimiento					
<b>Trabajo ejecutado (10)</b>					
Datos para ser llenado por el responsable de mantenimiento					
<b>Recursos necesarios (11)</b>					
Mano de obra		Materiales y repuestos		Equipos necesarios	
Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción
<b>Observaciones (12)</b>				Hora y fecha de inicio del mantenimiento: <b>(13)</b>	
				Hora y fecha de culminación del mantenimiento: <b>(14)</b>	
Nombre y firma del coordinador de mantenimiento: <b>(16)</b>				Tiempo de ejecución del trabajo: <b>(15)</b>	

*Tabla 6.7 Formato de Orden de Trabajo de Mantenimiento.*

## **Elementos que conforman una Orden de Trabajo de Mantenimiento**

1. Nombre y logotipo de la empresa.
2. Es el número de la orden de trabajo de mantenimiento con esto se lleva un mejor control de todos los trabajos.
3. Se refiere a la hora y fecha en que se realizó la solicitud de la orden de trabajo.
4. Se refiere a la identificación de la persona que solicita la orden de trabajo.
5. Código del equipo o sistema al cual se le realizará el mantenimiento.
6. Se coloca el nombre del equipo que recibirá el mantenimiento.
7. Se refiere al tipo de mantenimiento que se debe realizar ya sea tipo mecánico, eléctrico, etc.
8. Se debe marcar en esta casilla que tipo de mantenimiento se va a efectuar ya sea preventivo, correctivo, predictivo, etc.
9. Se coloca la descripción del trabajo que se solicita.
10. En esta parte el encargado de realizar el mantenimiento describirá todas las actividades realizadas al equipo.
11. Se debe indicar la cantidad y descripción de horas hombres, materiales y equipos utilizados en la ejecución del mantenimiento.
12. Se indican observaciones relevantes en caso de que las hubiese.
13. Se indica la fecha y la hora del inicio del mantenimiento.
14. Se indica la fecha y hora en la cual concluyó el mantenimiento.
15. Se indica la duración que tuvo el mantenimiento aplicado al equipo.
16. Se debe colocar el nombre y la firma del responsable de la coordinación del departamento de mantenimiento.

En la figura 6.6 se muestra un diagrama de actividades del TPM

**Diagrama de actividades (TPM)**

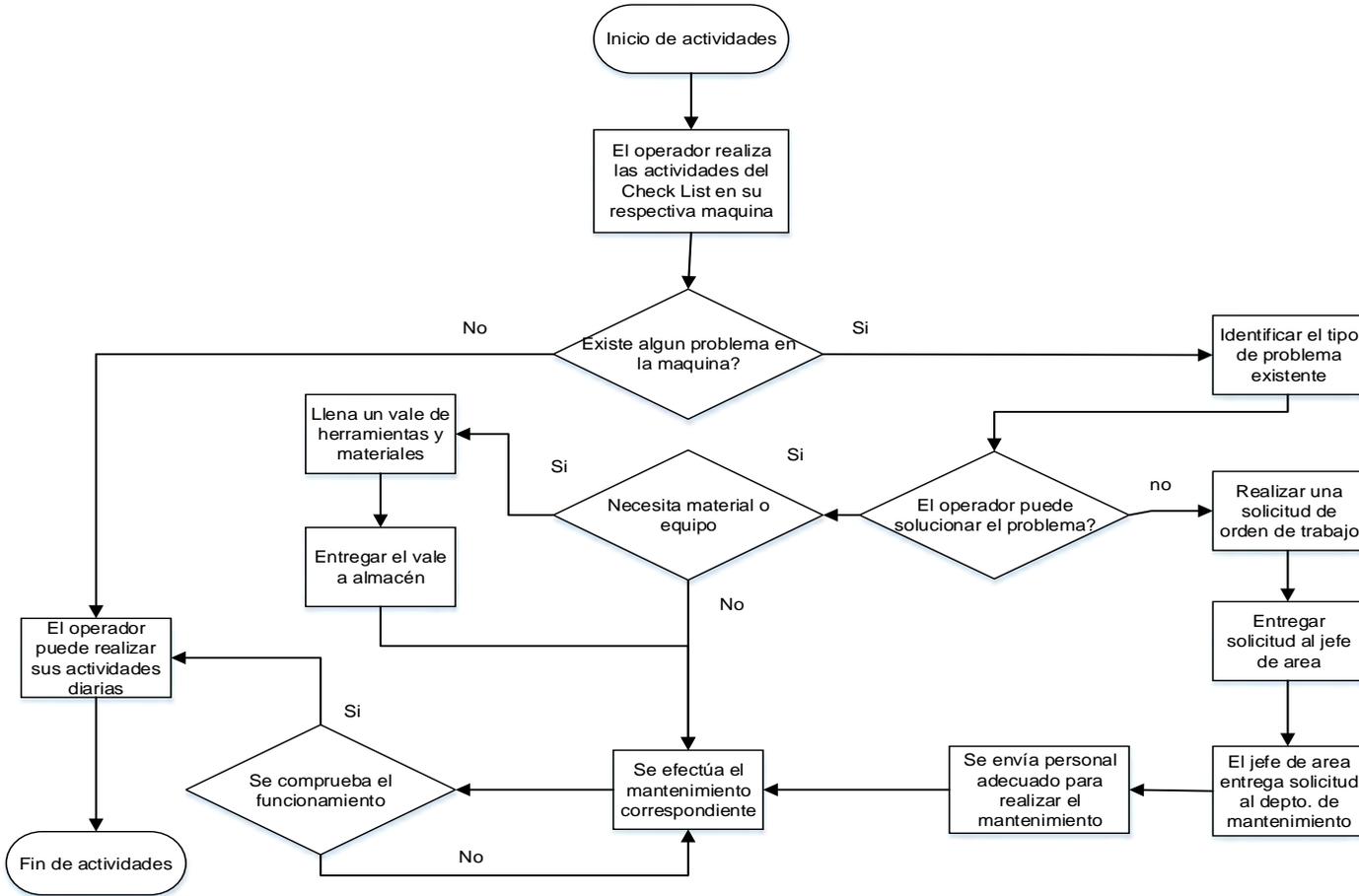


Figura 6.6. Diagrama de actividades TPM.

### **Fase 8. Implementación de un Check List**

En base a un estudio realizado a la máquina formadora de camisas exotérmicas se procedió con la realización de un Check List semanal donde se incluyeron las actividades más importantes para mantener la máquina en óptimo funcionamiento, el Check List Semanal de puede observar en la tabla 6.8.



## **6.5 PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL GENERAL**

Una vez que se ponga en marcha el uso del Check List Semanal se tendrá que realizar un Plan de Mantenimiento Anual.

El objetivo es llevar una calendarización de las tareas contenidas en el Check List ya que existen algunas actividades que se realizan en diversos lapsos de tiempo.

El Plan de Mantenimiento Anual General se realizó con ayuda del personal de mantenimiento y no incluye ningún plan TPM dejando todas las actividades indicadas únicamente por el personal del departamento de mantenimiento tal como se muestra en la tabla 6.9.

En este Plan de Mantenimiento se pueden observar todas las actividades que debe realizar el personal de mantenimiento en todo el año y el lapso de tiempo que indica cada actividad.

EN ESTA PAGINA EL PLAN DE MANTENIMIENTO AUTONOMO 1

### **6.5.1 PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL AGREGANDO TPM**

Utilizando el Plan de Mantenimiento Anual General se agregó el TPM aplicado a la máquina formadora de camisas número 4.

La tabla 6.10 nos muestra el resultado de aplicar el TPM a la máquina formadora.

Se puede observar un claro aumento de actividades con respecto al Plan de Mantenimiento General solo que en esta ocasión los encargados de realizar estas actividades son los operarios de la máquina.

EN ESTA HOJA EL PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL NUMERO 2

### **6.5.2 PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL APLICANDO TPM TOTALMENTE**

De acuerdo con el Plan de Mantenimiento Anual General, se pueden apreciar las actividades que realiza únicamente el personal del Departamento de Mantenimiento sin aplicar TPM. En base a esto se puede realizar una modificación siguiendo la misma ejecución utilizada en la máquina formadora de camisas exotérmicas en la cual se observó que todas las tareas de verificación, lubricación y limpieza pasaron a ser responsabilidad de los operarios.

Siguiendo el mismo análisis y aplicando el TPM a toda la maquinaria contenida en el Plan de Mantenimiento Anual General, este podría quedar de la siguiente manera como lo muestra la tabla 6.11.

EN ESTA PAGINA EL PLAN DE ANUAL 3

Se puede observar una diferencia notable en el Plan de Mantenimiento Anual donde no existe aplicación del TPM y el Plan de Mantenimiento Anual el cual supondría una aplicación total de este a toda la maquinaria del proceso de producción.

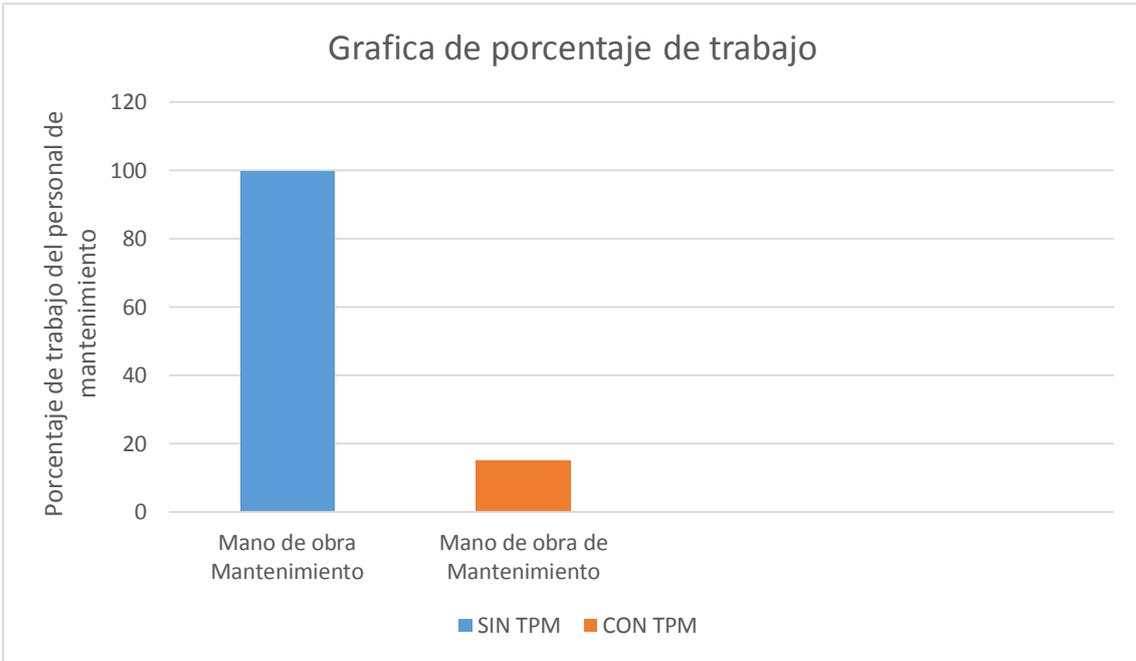
## **6.6 CONSOLIDACIÓN DEL TPM Y RESULTADOS FINALES**

En este punto y en base a todos los estudios y estrategias realizadas anteriormente se podrá implementar el TPM de manera óptima en la máquina formadora de camisas exotérmicas esto podrá generar diversos beneficios que tendrán un gran impacto en toda la empresa.

El Departamento de Mantenimiento de la empresa EXOTERM cuenta con un personal en el Departamento de Mantenimiento de 6 personas encargadas de realizar el mantenimiento a toda la empresa, la siguiente grafica muestra el porcentaje actual y el porcentaje una vez aplicado el TPM a la máquina formadora de camisas exotérmicas.

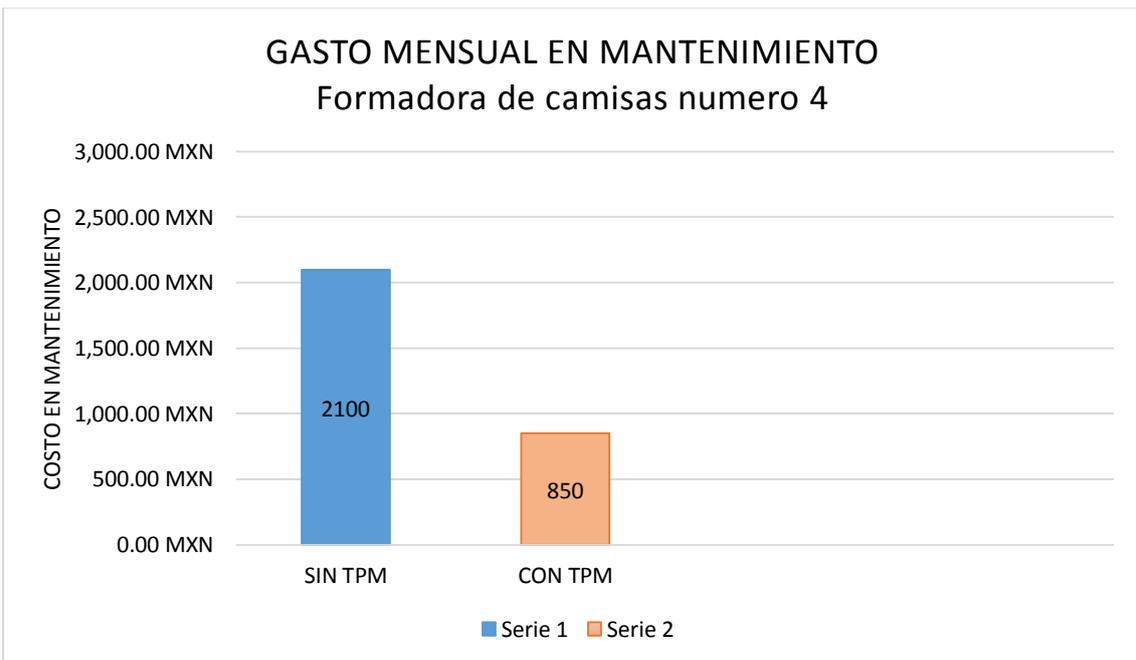
En base a información proporcionada por el personal de mantenimiento se determinó que diariamente ocurren de uno a dos defectos en la máquina formadora, mayormente problemas relacionados con limpieza, lubricación y verificación de componentes de la máquina.

Mensualmente son aproximadamente de 40 a 45 problemas que debe atender el personal de mantenimiento. Con la aplicación del TPM que conlleva el uso del plan de Mantenimiento Autónomo y el Check List por parte del operario se calculó que de 35 a 40 problemas se pueden evitar con el TPM, la gráfica 6.1 nos muestra el porcentaje de mano de obra que existe actualmente y como sería después de implementar el TPM.



Grafica 6.1. Porcentaje de mano de obra en mantenimiento

Como se puede observar en la gráfica 6.1, es notable que aplicando el TPM el personal de mantenimiento solo intervendría de 5 a 7 problemas mensuales. La grafica 6.2 muestra el gasto actual mensual en mantenimiento y como sería después de aplicar el TPM.



Grafica 6.2. Costo mensual de mantenimiento a la máquina formadora.

Mensualmente la empresa EXOTERM gasta aun aproximado de \$ 2,100.00 MXN en base a un historial que se lleva en gastos por reparaciones.

El costo calculado para llevar el plan de Mantenimiento Autónomo mensual es aproximadamente de \$850.00 MXN contando materiales y equipo para los operarios de la máquina.

$$\$ 2,100.00 - \$850.00 = \$1250.00$$

La diferencia obtenida con la implantación del TPM es de \$1250.00 MXN si esta cantidad la multiplicamos por los 12 meses que tiene el año obtenemos lo siguiente:

$$\$ 1250.00 \times 12 = \$15,000.00$$

El costo total aplicando TPM es un 40% del valor que se está gastando actualmente. En una sola máquina la empresa estaría ahorrando un total de \$15,000.00 MXN por año.

Es un porcentaje bastante aceptable tomando en cuenta que solo se está aplicando a una máquina del área de producción.

Aplicar el TPM de manera adecuada y correcta toma su tiempo, pero las ganancias económicas, culturales, de rendimiento en el equipo, etc., podrán mejorar el proceso productivo de esta empresa y la llevaran a una mejora continua.

## CONCLUSIONES

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una cultura organizacional que se puede aplicar en cualquier tipo de industria ya sea manufacturera o de servicios; en donde el principal objetivo es eliminar los desperdicios que se presenten dentro de la organización, contando siempre con la participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta.

Vale la pena aclarar que TPM es Management, es gestión administrativa, no es solo una filosofía de Ingeniería para mejorar los sistemas de mantenimiento en una empresa, porque la base para que sea exitosa la implementación del Mantenimiento Productivo Total en cualquier organización es el factor humano ya que de este depende el éxito o fracaso del proceso. Por lo tanto antes de que en las empresas se pretenda aplicar esta cultura, se debe preparar al personal lo suficiente y empoderarlo del tema para que este se motive y se entusiasme con los beneficios que les va a aportar este cambio.

TPM es uno de los programas menos utilizados pero que tiene el potencial para mejorar la efectividad total de la planta de producción de una organización y que está ganando terreno cada vez más en nuestro país, ya que aplicado correctamente nos lleva hacia la competitividad total.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que la empresa EXOTERM S.A de C.V. lleve a cabo la implementación de esta herramienta ya que podrá mejorar notablemente su sistema productivo y su competitividad en el mercado, este compromiso debe estar reflejado desde la alta dirección desde un principio porque el TPM es una filosofía que se implementa a largo plazo, y esta actitud de los directivos se debe infundir en toda la organización para generar confianza y disposición por parte de los empleados y así mismo hacer más fácil el proceso de cambio de cultura.

Para poder implementar el TPM en la empresa EXOTERM es recomendable seguir los siguientes puntos:

- Es necesario saber si es el momento y el espacio ideal para la implementación de esta cultura en la organización. Si las directivas y los operarios no están preparados para implementarlo, mejor reevaluar la idea y dar solución a prioridades de la empresa (económicas, legales, ambientales, etc.)
- Es importante tener en cuenta que el TPM es un conjunto de todas aquellas filosofías que conocemos actualmente siendo de las más importantes las 5S's ya que son una base fundamental para poder implementar cualquier técnica, herramienta, filosofía etc.
- Toda la organización debe entender que TPM es una implementación a largo plazo y que es un proceso de mejoramiento continuo, es decir que siempre se está mejorando, en este caso cero averías, cero defectos, cero daños, en conclusión CERO DESPERDICIO.

Es importante recalcar que para toda técnica y filosofía de mejoramiento el factor fundamental es el ser humano, debemos aprender a tener una actitud dispuesta al cambio constante y al mejoramiento continuo, es la única forma para lograr un cambio que afecte de manera positiva el rumbo de cualquier empresa.

## **GLOSARIO DE ACRÓNIMOS**

**ACMEF.-** Análisis Crítico del Modo y Efecto de la Falla.

**AMEF.-** (Failure Mode and Effect Analysis) Análisis de Modo y Efecto de la Falla.

**AMFES.-** Análisis Modal de Fallos y Efectos.

**CM.-** (Corrective Maintenance) Mantenimiento Correctivo.

**D-AMEF.-** Design AMEF) AMEF de Diseño.

**ISO.-** (International Organization for Estandarization) Organización Internacional para la Estandarización.

**JIT.-** (Just In Time) Justo a Tiempo.

**MCTT.-** Mejora continua hasta la calidad total.

**MM.-** Máquina en Marcha.

**MP.-** Máquina Parada.

**MP.-** (Preventive Maintenance) Mantenimiento Preventivo.

**MP.-** (Productive Maintenance) Mantenimiento Productivo.

**MTBF.-** Tiempo medio entre paradas con o sin averías.

**NPR.-** (Risk Priority Number) Número Prioritario de Riesgo.

**P-AMEF.-** (Process AMEF) AMEF de Proceso.

**QM.-** (Quality Maintenance) Mantenimiento de la Calidad.

**RCM.-** (Reliability Centred Maintenance) Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

**RTS.-** (Rapid Tool Seeting) Configuración Rápida de Herramientas.

**S-AMEF.-** (System AMEF) AMEF de Sistema.

**SMED.-** (Single-Minute Exchange of Die) Cambio de Herramienta en un solo Dígito de Minuto.

**SPC.-** (Stadistic Process Control) Control de Proceso Estadístico.

**TPM.-** (Total Productive Maintenance) Mantenimiento Productivo Total.

**TPS.-** (TOYOTA Production System) Sistema de Producción TOYOTA.

**TQM.-** (Total Quality Management) Mantenimiento Total de la Calidad.

## BIBLIOGRAFIA

- *TPM HACIA LA COMPETITIVIDAD A TRAVÉS DE LA EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN*, Cuatrecasas, Luis, Editorial Gestión 2000.
- *UN ENFOQUE ANALÍTICO DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL*, Dounce Villanueva, Enrique, Editorial Continental.
- *PLANEACIÓN, CONTROL Y EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO*, Luis Alberto Mora, Editorial Alfaomega.
- *GESTIÓN MODERNA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL*, Oliverio García, Editorial de la U
- *MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL*, Robert C. Rosaler, Editorial McGraw-Hill
- *MANTENIMIENTO TOTAL (MT), Ó: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)*, Ávila Espinoza, Jesús, Editorial Limusa.
- *ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO*, Jose V. Peiro Espitegi, Editorial Distresa.
- *MANTENIMIENTO TOTAL DE LA PRODUCCIÓN (TPM): proceso de implantación y desarrollo*, Francisco Rey Sacristán, Editorial Fund. Confemetal.
- *EL ABC DEL MANTENIMIENTO*, Bolaños Gilberth, Editorial Tecnológica de Costa Rica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- *TPM Y APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL*, Álvarez Laverde, H. (2008). Ceroaverias. Fecha de consulta: 19 de Agosto de 2015. URL: <http://www.ceroaverias.com/aprendizaje.pdf>.
- *DESARROLLO DEL TALENTO HUMANO PARA LA PRODUCTIVIDAD BASADO EN COMPETENCIAS*, Álvarez Laverde, H. Franco A. I. Disponible en: <http://www.eproductiva.com/archivo/desarrollo%20competencias.pdf>
- *ESTRATEGIA DE LAS 5 "S". ADVANCED PRODUCTIVE SOLUTION*, S.L. Álvarez Laverde, H. Franco, A. I. Álvarez M. P Barcelona, España. 2003. Disponible en: <http://www.ceroaverias.com/pageflip/5swebbook.htm>