



Universidad de Oviedo

ESCUELA SUPERIOR DE LA MARINA CIVIL DE GIJÓN

Trabajo Fin de Máster

Gestión de Mantenimiento: Lean
Maintenance y TPM

Para acceder al Título de Máster Universitario en

TECNOLOGÍAS MARINAS Y MANTENIMIENTO

Autor/a: Edgar Fernández Álvarez
Tutor/a: Rubén González Rodríguez

Julio – 2018

ÍNDICE

1. HISTORIA Y EVOLUCIÓN	1
• La Primera Generación	3
• La Segunda Generación	3
• La Tercera Generación	3
• Cuarta Generación:	4
2. MANTENIMIENTO. TIPOS.	6
• Disponibilidad	8
• Fiabilidad	9
• Costo	10
• Medio Ambiente	10
3. HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO.	11
• Método Kaizen	11
• Las 5´S	12
○ <i>SEIRI (Clasificación u Organización):</i>	12
○ <i>SEITON (Orden):</i>	13
○ <i>SEISO (Limpieza):</i>	14
○ <i>SEIKETSU (Estandarización):</i>	15
• Poka-Yoke	17
• Just In Time	19
• Jidoka	19
• Análisis Causa-Raíz	20
4. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)	21
• Historia	22
• Características	23
• Pilares	24
○ <i>PILAR 1: Mejora enfocada o Método Kaizen</i>	24
○ <i>PILAR 2: Mantenimiento autónomo o Jisho Hozen.</i>	25
○ <i>PILAR 3: Mantenimiento programado</i>	26
○ <i>PILAR 4: Mantenimiento de calidad o Hinshitsu Hozen</i>	26
○ <i>PILAR 5: Prevención del Mantenimiento</i>	27
○ <i>PILAR 6: Mantenimiento de áreas soporte.</i>	27
○ <i>PILAR 7: Polivalencia y desarrollo de actividades.</i>	27
○ <i>PILAR 8: Seguridad y entorno.</i>	28
• Perdidas	29
• Implantación	34
5. LEAN MAINTENANCE	40

• Historia	40
• Principios	41
• Pilares	42
• Técnicas Lean	43
○ <i>SMED</i>	44
○ <i>Estandarización</i>	47
○ <i>Control visual</i>	47
○ <i>Técnicas de calidad</i>	47
○ <i>Seis Sigma</i>	50
○ <i>Sistemas de participación del personal</i>	50
○ <i>Kanban</i>	50
○ <i>Heijunka</i>	51
• Desperdicios	52
○ <i>Sobreproducción:</i>	52
○ <i>Esperas</i>	53
○ <i>Transporte</i>	53
○ <i>Sobreprocesamiento</i>	54
○ <i>Inventario</i>	54
○ <i>Movimientos</i>	54
○ <i>Defectos</i>	55
• Implantación	56
6. CONCLUSIONES	58
7. BIBLIOGRAFÍA	59

1. HISTORIA Y EVOLUCIÓN

Se define el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.

El mantenimiento surge desde que el hombre ha necesitado la necesidad de crear herramientas para sobrevivir. Estas herramientas tenían sus fallos o se rompían, por lo que el hombre tenía que repararlas o mejorarlas para que estas tuviesen una durabilidad superior.

Fue en la Revolución Industrial y la mecanización de las industrias, un punto de inflexión, donde surgió la preocupación por los fallos de las herramientas o de los equipos, incluso en ocasiones, el paro de la industria. Esto dio pase a una serie de estudios y aplicaciones sobre el mantenimiento llevado a cabo en el siguiente orden cronológico:

1780	Mantenimiento Correctivo (CM). Inicio de la Revolución Industrial. Se realizan los bienes por hombres, por lo que los productos son escasos y caros.
1798	Mejora del CM. Uso de partes intercambiables en las máquinas para que, en caso de piezas rotas, no necesitarse que se haga una a medida. Producción en masa.
1910	Formación de cuadrillas de Mantenimiento Correctivo.
1914	Mantenimiento Preventivo (MP). La Industria de guerra necesitaba trabajar de forma continua con demanda urgente de productos. Otro punto importante fue la necesidad de que las máquinas de guerra más importantes no fallasen.
1916	Inicio del Proceso Administrativo creado por Henry Fayol. Un modelo integrado de cinco elementos: previsión, organización, dirección, coordinación y control.
1927	Uso de la estadística en producción a fin de controlar el trabajo.
1931	Control Económico de la Calidad del producto Manufacturado.
1937	Conocimiento del Principio de W. Pareto donde permitía ver y establecer prioridades.
1939	Se controlan los trabajos de Mantenimiento Preventivo con estadística. Debido a la Segunda Guerra Mundial, se necesitaban las industrias del acero las 24 horas.

1946	Se mejora el Control Estadístico de Calidad (SQC) porque se veía que el MP no daba buenos resultados.
1950	En Japón se establece el Control Estadístico de Calidad.
1950	En Estados Unidos de América se desarrolla el Mantenimiento Productivo (PM).
1951	Se da a conocer el “Análisis de Weibull”, una técnica para estimar una probabilidad basada en datos medidos o supuestos para solucionar problemas de mantenimiento.
1960	Se desarrolla el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Surge en la industria aérea.
1961	Se inicia el Poka-Yoke (a prueba de errores). Este sistema entra en juego cuando esta la seguridad humana.
1962	Se desarrollan los Círculos de Calidad (QC) basados en el MP.
1965	Se desarrolla el análisis Causa- Raíz (RCA) .
1968	Se presenta el libro “Mantenimiento centrado en la Confiabilidad” conocida como el RCM mejorado.
1970	Difusión del uso de la computadora para la administración de Activos (CMMS).
1971	Se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total (TPM) .
1978	Se presenta la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en naves aéreas.
1980	Se desarrolla la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO). Se aplica el RCM-2 en toda clase de industrias.
1995	Se desarrolla el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (5S's) .
2005	Se estudia la filosofía de la Conservación Industrial (IC).

Línea del tiempo simplificada

-120,000	1780	1914	1927	1950	1960	1970	1971	1995	A la fecha
CM	CM	MP	SQC	PM	RCM	CMMS	TPM	5S	IC

Pero históricamente, este largo periodo de tiempo de desarrollo se ha agrupado, de forma más simple, en generaciones:

- **La Primera Generación**

La Primera Generación cubre el periodo hasta la II Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los periodos de paradas no importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado. Esto hacía que fuera fiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento. Complicados, y la necesidad de personal calificado era menor que ahora.

- **La Segunda Generación**

Durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la Guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización. Hacia el año 1950 se habían construido máquinas de todo tipo y cada vez más complejas. La industria había comenzado a depender de ellas.

Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más patente. Esto llevó a la idea de que los fallos de la maquinaria se podían y debían de prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto del mantenimiento preventivo. En el año 1960 esto se basaba primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

El costo del mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costes de funcionamiento. Como resultado se comenzaron a implantar sistemas de control y planificación del mantenimiento. Estos han ayudado a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica de este.

- **La Tercera Generación.**

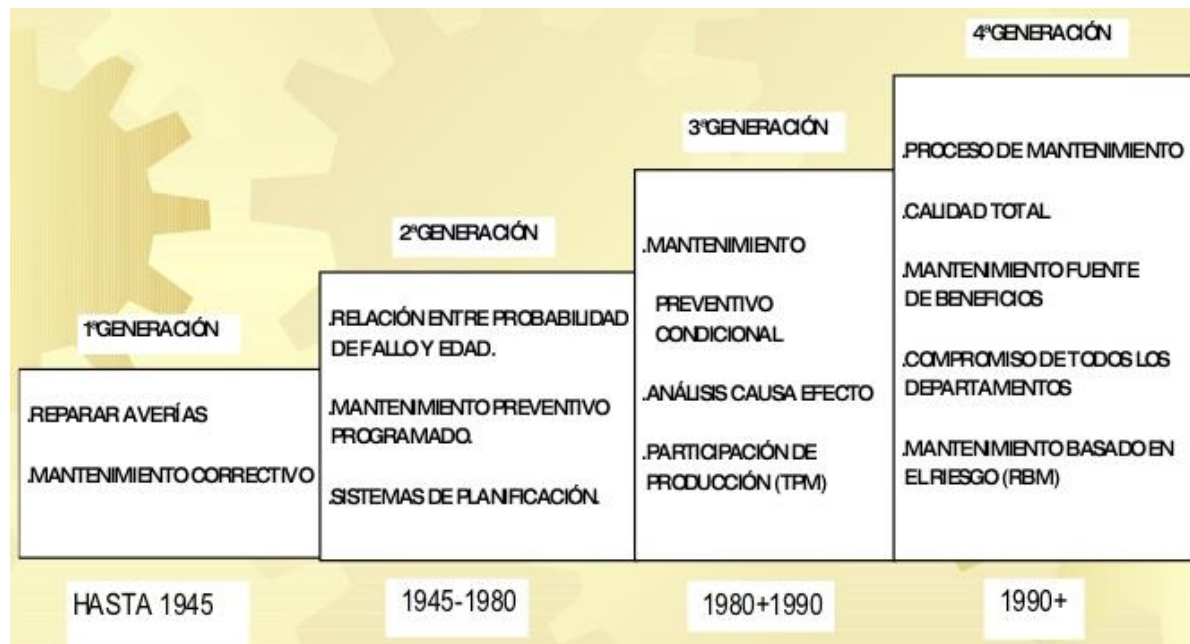
Desde mediados de los años setenta, el proceso de cambio en la industria ha cobrado incluso velocidades más altas. Los cambios pueden clasificarse bajo los títulos de nuevas expectativas, nueva investigación y nuevas técnicas.

- **Cuarta Generación:**

El crecimiento continuo de la mecanización significa que los periodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto se hace más patente con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción “justo a tiempo”, en el que los reducidos niveles de stock en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda una planta. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Al mismo tiempo, se están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento.

Otra característica en el aumento de la mecanización es que cada vez son más serias las consecuencias de los fallos de una planta para la seguridad y/o el medio ambiente. Al mismo tiempo los estándares en estos dos campos también están mejorando en respuesta a un mayor interés del personal gerente, los sindicatos, los medios de información y el gobierno. También esto ejerce influencia sobre el mantenimiento.



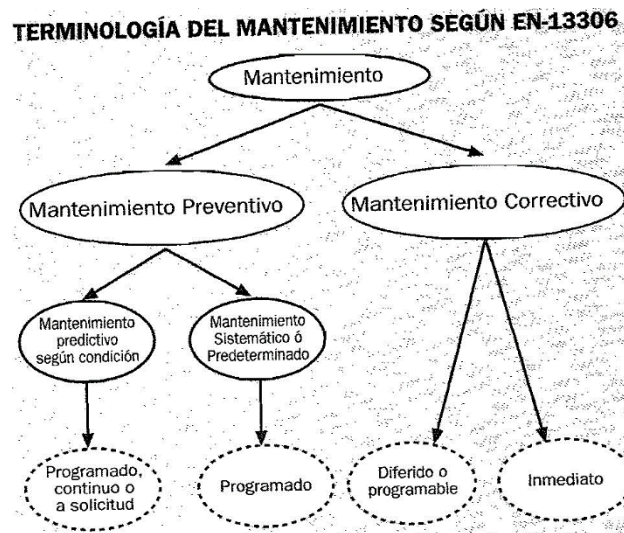
Como una última explicación de lo que es el mantenimiento, podemos decir que tiene una parecido a la medicina, donde los equipos serían los pacientes y los mantenedores los médicos.

SÍMIL	
MEDICINA	MANTENIMIENTO
Persona	Equipo/instalación
Nacimiento	Puesta en servicio
Conocimiento del hombre	Conocimiento de la tecnología
Conocimiento de las enfermedades	Conocimiento de los tipos de fallos
Historial de salud	Historial mantenimiento
Conocimiento de los tratamientos	Conocimiento de los mantenimientos
Tratamiento curativo	Mantenimiento correctivo
Tratamiento preventivo	Mantenimiento preventivo
Análisis, pruebas...	Mantenimiento predictivo
Longevidad	Durabilidad
Buena salud	Fiabilidad

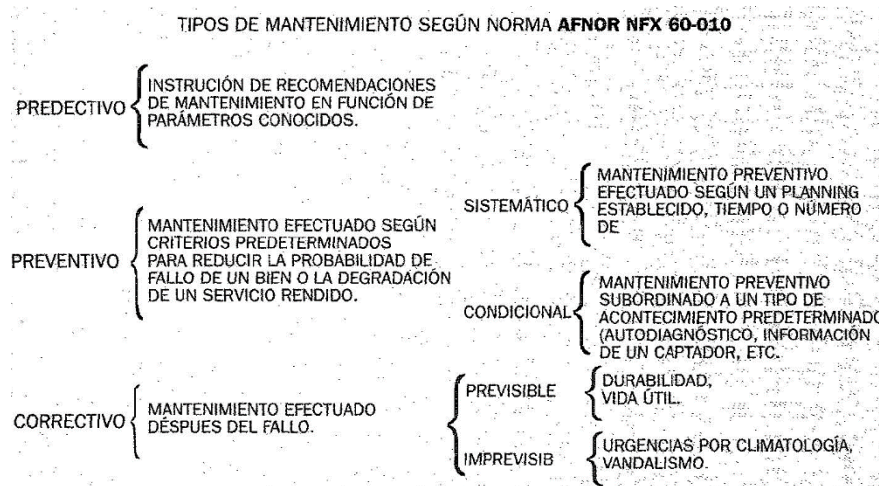
2. MANTENIMIENTO. TIPOS.

La Norma EN-13360 entró en vigor en 2001 (está revisada en el 2011) y trata sobre las diferentes definiciones respecto a fallos (fallos en sí, causas del fallo, degradaciones, etc.), estados de los diferentes fallos (enmascarado, por degradación, etc.), tipos de mantenimiento y estrategias (preventivo, predeterminado, basado en la condición, etc.) y otras actividades del mantenimiento.

La diferencia el mantenimiento en dos grupos: *preventivo* y *correctivo*. A partir de aquí, el mantenimiento preventivo puede subdividirse en sólo dos tipos: *basado en la condición* (*predictivo*) y *predeterminado* (*sistemático*). Por otra parte, el mantenimiento correctivo tiene dos subdivisiones: *programable* (*diferido*) o *inmediato* (*urgente*).



La Norma AFNOR NFX 60-010, difiere de la anterior en la definición de algunos términos. La Norma AFNOR especifica, para el conjunto de acciones encaminadas a mantener o restablecer un bien en un estado determinado de calidad de servicio, tres tipos de mantenimiento: *preventivo*, *correctivo* y *predictivo*.



Actualmente, la clasificación de los tipos de mantenimiento se basa en función de, si es un mantenimiento de conservación o de actualización:

- **Mantenimiento de conservación:** Está destinado a compensar el deterioro de equipos sufrido por el uso, de acuerdo con las condiciones físicas y químicas a las que fue sometido. En el mantenimiento de conservación pueden diferenciarse:

- **Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos.
- **Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

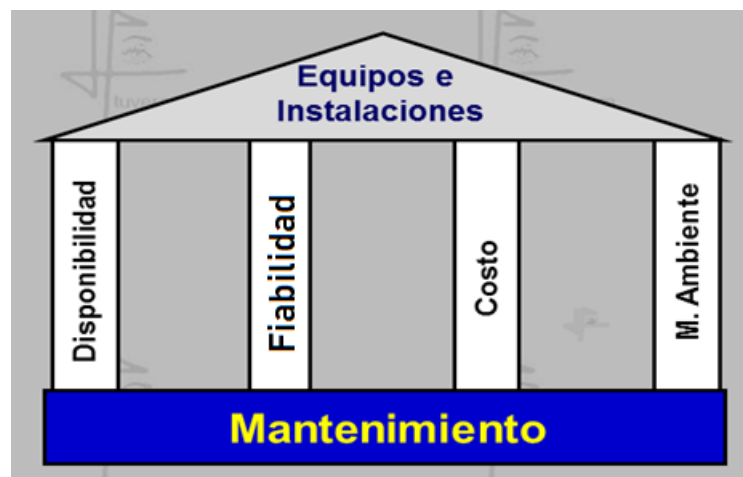
- **Mantenimiento Predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad.

Para ello, este mantenimiento identifica variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados.

- **Mantenimiento de actualización:** Tiene como propósito compensar la obsolescencia tecnológica o las nuevas exigencias que en el momento de construcción no existían o no fueron tenidas en cuenta pero que en la actualidad sí deben serlo.



Como hemos hablado antes, el mantenimiento tiene por actividad compensar la degradación y los fallos de los equipos e instalaciones con el tiempo. Para ello, el mantenimiento trata de asegurar cuatro objetivos básicos:



Objetivos del Mantenimiento

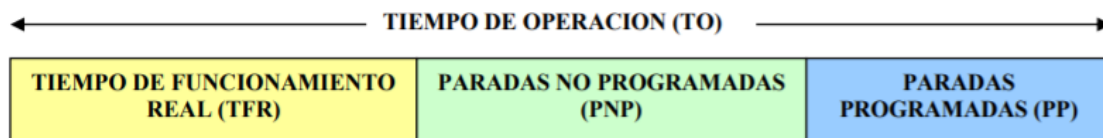
- **Disponibilidad**

La disponibilidad de una instalación se define como la proporción del tiempo que dicha instalación ha estado en disposición de producir, con independencia de que finalmente lo haya hecho o no por razones ajenas a su estado técnico. El objetivo más importante de mantenimiento es asegurar que la instalación estará en disposición de producir un mínimo de horas determinado del año.

La disponibilidad es un indicador que ofrece muchas posibilidades de cálculo y de interpretación. La definición de la fórmula de cálculo de la disponibilidad tendrá un papel vital para juzgar si el departamento de mantenimiento de cualquier instalación industrial está realizando su trabajo correctamente o es necesario introducir algún tipo de mejora.

Los principales factores para tener en cuenta en el cálculo de la disponibilidad son los siguientes:

- Número de horas totales de producción.
- Número de horas de indisponibilidad total para producir, que pueden ser debidas a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento:
 - Intervenciones de mantenimiento programado que requieran parada de planta.
 - Intervenciones de mantenimiento correctivo programado que requieran parada de planta o reducción de carga.
 - Intervenciones de mantenimiento correctivo no programado que detienen la producción de forma inesperada y que por tanto tienen una incidencia en la planificación ya realizada de la producción de energía.
- Número de horas de indisponibilidad parcial, es decir, número de horas que la planta está en disposición para producir, pero con una capacidad inferior a la nominal debido al estado deficiente de una parte de la instalación, que impide que ésta trabaje a plena carga.



$$Disponibilidad = \frac{(TO - PP) - PNP}{(TO - PP)} \times 100$$

- **Fiabilidad**

La fiabilidad es un indicador que mide la capacidad de una planta para cumplir su plan de producción previsto. En una instalación industrial se refiere habitualmente al cumplimiento de la producción planificada. El incumplimiento de este programa de carga puede llegar a acarrear penalizaciones económicas, y de ahí la importancia de medir este valor y tenerlo en cuenta a la hora de diseñar la gestión del mantenimiento de una instalación.

Los factores para tener en cuenta para el cálculo de este indicador son dos:

- Horas anuales de producción, tal y como se ha detallado en el apartado anterior.
- Horas anuales de parada o reducción de carga debidas exclusivamente a mantenimiento correctivo no programado.

Como puede verse, no se tiene en cuenta para el cálculo de este objetivo ni las horas dedicadas a mantenimiento preventivo programado que supongan parada de planta ni las dedicadas a mantenimiento correctivo programado. Para un cálculo correcto y coherente de este factor debe definirse siempre cual es la distinción entre mantenimiento correctivo programado y no programado.

- **Costo**

Los objetivos de disponibilidad y fiabilidad no pueden conseguirse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe conseguir los objetivos marcados ajustando sus costes a lo establecido en el presupuesto anual de la planta.

El presupuesto ha de ser calculado con sumo cuidado, ya que un presupuesto inferior a lo que la instalación requiere empeora irremediablemente los resultados de producción y hace disminuir la vida útil de la instalación; por otro lado, un presupuesto superior a lo que la instalación requiere empeora los resultados de la cuenta de explotación.

- **Medio Ambiente**

El último objetivo del mantenimiento es el medio ambiente. Tener en cuenta la seguridad y el cuidado del medio ambiente, nos aseguran la reducción del riesgo de impacto ambiental de los equipos y de las acciones de mantenimiento.

Los factores causales más importantes identificados que pueden propiciar la ocurrencia de impacto al medio ambiente desde el mantenimiento son: los errores humanos, la ausencia de mantenimiento, la aplicación de políticas de mantenimiento incorrectas y procesos de mantenimiento no controlados.

3. HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO

A lo largo de la evolución del mantenimiento desde la revolución industrial, se han creado, por parte de las compañías más avanzadas, una serie de técnicas, procesos y actividades que han ayudado a construir y a entender los mantenimientos.

De entre todas estas técnicas de mantenimiento, hay una serie de ellas que son las más comunes y las que se aplican de manera general a la nueva generación de mantenimiento destacan:

- **Método Kaizen**

A partir de la consolidación de la economía japonesa, muchos han sido los interrogantes que se han planteado respecto a los modelos y prácticas utilizadas en el resurgir después de la devastación causada por la Segunda Guerra Mundial. La necesidad de edificar desde el principio las bases financieras y productivas de Japón, implicó una integración entre altos, medios y bajos perfiles, es decir, todos con igual compromiso de afrontar los nuevos retos, desafíos que se presentaban día tras día.

Kaizen surgió entonces como una filosofía sinérgica que integraba la capacidad de respuesta de todos los perfiles, para así afrontar los desafíos que se planteaban cotidianamente, además, al ser necesario no solo restablecer el tejido económico, sino social, este se convirtió en un estilo de vida, lo cual generó un cambio cultural que repercutió en el desempeño productivo de los japoneses. Ellos consideran al Kaizen como la clave de la ventaja competitiva japonesa.

El término Kaizen es de origen japonés, y significa "cambio para mejorar", lo cual con el tiempo se ha aceptado como "Proceso de Mejora Continua". La traducción literal del término es:

KAI: Modificaciones

ZEN: Para mejorar

El principio en el que se sustenta el método Kaizen, consiste en integrar de forma activa a todos los trabajadores de una organización en sus continuos procesos de mejora, a través de pequeños aportes.

La implementación de pequeñas mejoras, por más simples que estas parezcan, tienen el potencial de mejorar la eficiencia de las operaciones, y lo que es más importante, crean una cultura organizacional que garantiza la continuidad de los aportes, y la participación del personal en una búsqueda constante de soluciones adicionales.

- **Las 5´S**

La metodología de las 5S se creó en Toyota, en los años 60, y agrupa una serie de actividades que se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia. Dichas condiciones se crean a través de reforzar los buenos hábitos de comportamiento e interacción social, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo.

La metodología de las 5S es de origen japonés, y se denomina de tal manera ya que la primera letra del nombre de cada una de sus etapas es la letra ese (s).



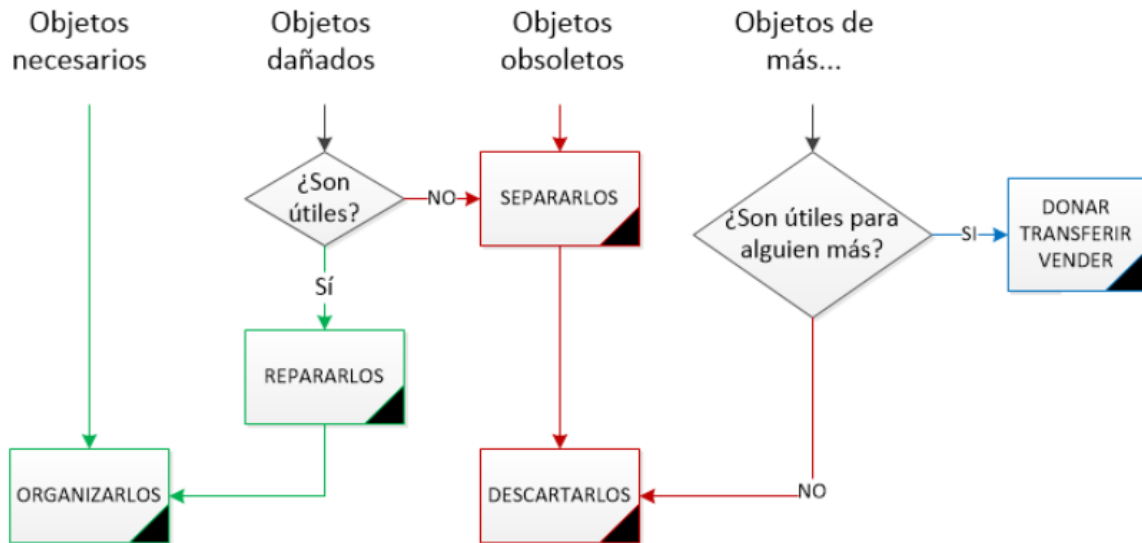
Gráfico sobre las 5´S

- SEIRI (Clasificación u Organización):

Significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza.

Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc.

En la práctica, hay muchas maneras de realizar esta clasificación, aunque la más usual consiste en usar unas tarjetas rojas para identificar elementos susceptibles de ser prescindibles y se decide si hay que considerarlos como un desecho.



Esquema sobre la clasificación o el orden en SEIRI

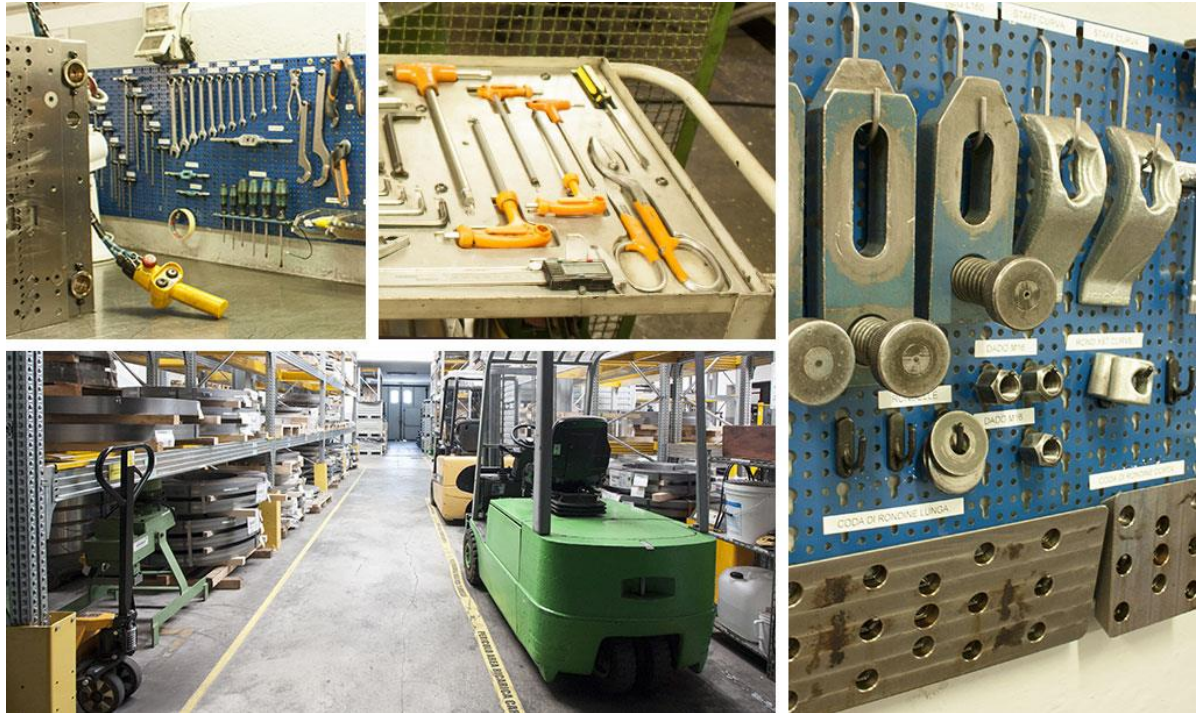
○ SEITON (Orden):

Consiste en disponer de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario. Estos lugares deben de disponer de sitios debidamente identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia. Se utiliza la identificación visual, de tal manera que les permita a las personas ajenas al área realizar una correcta disposición.

También tratamos de identificar el grado de utilidad de cada elemento, para realizar una disposición que disminuya los movimientos innecesarios.

Esta forma de actuar debe de aplicarse en todas las partes:

- Estanterías, armarios, cajas de herramientas...
- Almacén, suelos, pasillos...
- Útiles, herramientas de máquinas, entorno de éstas...
- Eliminar y dar de baja piezas/herramientas, productos dañados, rotos, dañados, caducados, trapos, catálogos...



Ejemplo de una buena clasificación según la directriz Seiton

○ SEISO (Limpieza):

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación comporta:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- Conservar los elementos en condiciones óptimas, lo que supone reponer los elementos que faltan (tapas de máquinas, técnicas, documentos, etc.), adecuarlos para su uso más eficiente (empalmes rápidos, reubicaciones, etc.), y recuperar aquellos que no funcionan (relojes, utillajes, etc.) o que están reparados “provisionalmente”. Se trata de dejar las cosas como “el primer día”.

La limpieza es el primer tipo de inspección que se hace de los equipos, de ahí su gran importancia. A través de la limpieza se aprecia si un motor pierde aceite, si existen fugas de cualquier tipo, si hay tornillos sin apretar, cables sueltos, etc. Se debe limpiar para inspeccionar, inspeccionar para detectar, detectar para corregir.

Debe insistirse en el hecho de que, si durante el proceso de limpieza se detecta algún desorden, deben identificarse las causas principales para establecer las acciones correctoras que se estimen oportunas.

Otro punto clave a la hora de limpiar es identificar los focos de suciedad existentes (como los lugares donde se producen con frecuencia virutas, caídas de piezas, pérdidas de aceite, etc.) para poder así eliminarlos y no tener que hacerlo con tanta frecuencia, ya que se trata de mantener los equipos en buen estado, pero optimizando el tiempo dedicado a la limpieza.

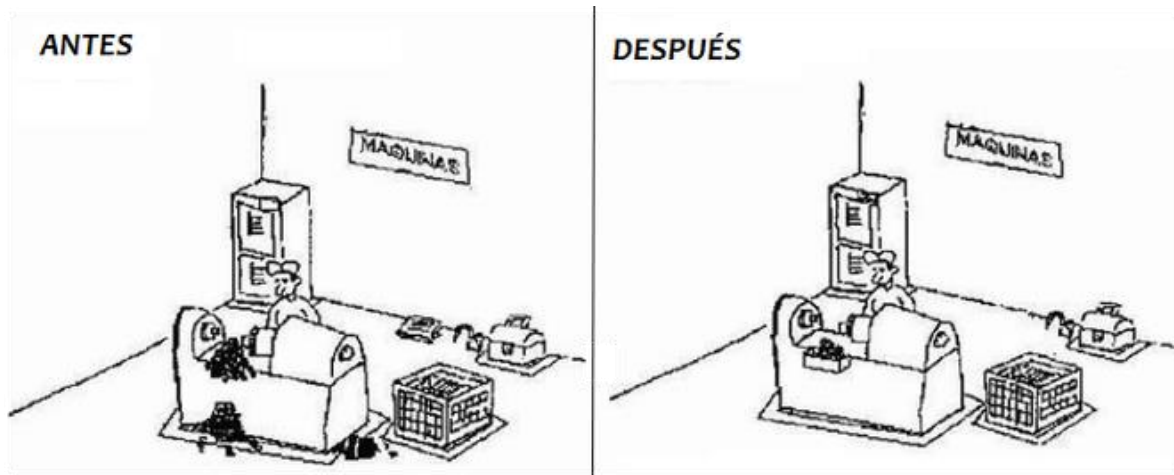


Ilustración sobre el antes y después de limpiar el entorno del trabajo y máquinas (Seiso)

○ SEIKETSU (Estandarización):

La fase de Seiketsu permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras "S". Estandarizar supone ejecutar un determinado procedimiento de manera donde la organización y el orden sean factores fundamentales. Esta estandarización puede ser, de la forma más simple, un papel, una fotografía o un dibujo.

Su aplicación comporta las siguientes ventajas:

- Mantener los niveles conseguidos con las tres primeras "S".
- Elaborar y cumplir estándares de limpieza y comprobar que éstos se aplican correctamente.
- Transmitir a todo el personal la idea de la importancia de aplicar los estándares.
- Crear los hábitos de la organización, el orden y la limpieza.
- Evitar errores en la limpieza que a veces pueden provocar accidentes.

Para implantar una limpieza estandarizada, el procediendo puede basarse en tres pasos:

- Asignar responsabilidades sobre las 3S primeras. Los operarios deben saber qué hacer, cuándo, dónde y cómo hacerlo.
 - Integrar las actividades de las 5S dentro de los trabajos regulares.
 - Chequear el nivel de mantenimiento de los tres pilares. Una vez se han aplicado las 3S y se han definido las responsabilidades y las tareas a hacer, hay que evaluar la eficiencia y el rigor con que se aplican.
- SHITSUKE (Disciplina):

Su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligado al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S.

Consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas. Su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación.

El líder de la implantación establecerá diversos sistemas o mecanismos que permitan el control visual, como, por ejemplo: flechas de dirección, rótulos de ubicación, luces y alarmas para detectar fallos, tapas transparentes en las máquinas para ver su interior, utillajes de colores según el producto o la máquina, etc.



Ilustración sobre la 5'S: Shitsuke

SEIRI Separar y eliminar	SEITON Arreglar e identificar	SEIDO Proceso diario de limpieza	SEIKETSU Seguimiento de los primeros 3 pasos, asegurar un ambiente seguro	SHITSUKI Construir el hábito
Separar los artículos necesarios de los no necesarios	Identificar los artículos necesarios	Limpiar cuando se ensucia	Definir métodos de orden y limpieza	Hacer el orden y la limpieza con los trabajadores de cada puesto
Dejar solo los artículos necesarios en el lugar de trabajo	Marcar áreas en el suelo para elementos y actividades	Limpiar periódicamente	Aplicar el método general en todos los puestos de trabajo	Formar a los operarios de cada puesto para que hagan orden y limpieza
Eliminar los elementos no necesarios	Poner todos los artículos en su lugar definido	Limpiar sistemáticamente	Desarrollar un estándar específico por puesto de trabajo	Actualizar la formación de los operarios cuando hay cambios
Verificar periódicamente que no haya elementos no necesarios	Verificar que haya "un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar"	Verificar sistemáticamente la limpieza de los puestos de trabajo	Verificar que exista un estándar actualizado en cada puesto de trabajo	Crear un sistema de auditoría permanente de planta visual y 5s

Tabla simplificada donde se explican las 5'S

- **Poka-Yoke**

Poka-Yoke es una herramienta procedente de Japón que significa "a prueba de errores". Lo que se busca con esta forma de diseñar los procesos es eliminar o evitar equivocaciones, ya sean de origen humano o automatizado. Este sistema se puede implantar también para facilitar la detección de errores, ya que:

- Los defectos son generados por errores.
- Las inspecciones destapan los defectos.
- No tiene sentido analizar el producto final cuando el defecto se produce en el trabajo.
- Es en el proceso donde hay que eliminar el error.
- Los errores subsanados no se han de repetir.
- La clave es encontrar los errores antes de que estos se conviertan en defectos.
- La causa de los defectos recae en los errores de los trabajadores y los defectos son el resultado de continuar con dichos errores.

Por tanto, los errores al final del proceso se pueden corregir aplicando métodos que:

- Busquen la imposibilidad o la dificultad de que el operario pueda equivocarse en proceso.
- Que equivocándose sea tan evidente el defecto que tengamos tiempo para reaccionar y poder corregirlo.

El sistema Poka-Yoke puede diseñarse para prevenir los errores o para advertir sobre ellos, a partir de dos opciones o funciones:

➤ **Función de control:**

En este caso se diseña un sistema para impedir que el error ocurra. Se busca la utilización de formas o colores que diferencien cómo deben realizarse los procesos o como deben encajar las piezas.

Son los realmente efectivos ya que requiere de intervención inmediata. Paron la máquina o imposibilitan continuar el proceso.

➤ **Función de advertencia:**

En este caso asumimos que el error puede llegar a producirse, pero diseñamos un dispositivo que reaccione cuando tenga lugar el fallo para advertir al operario de que debe corregirlo. Por ejemplo, esto se puede realizar instalando barreras fotoeléctricas, sensores de presión, alarmas, etc.

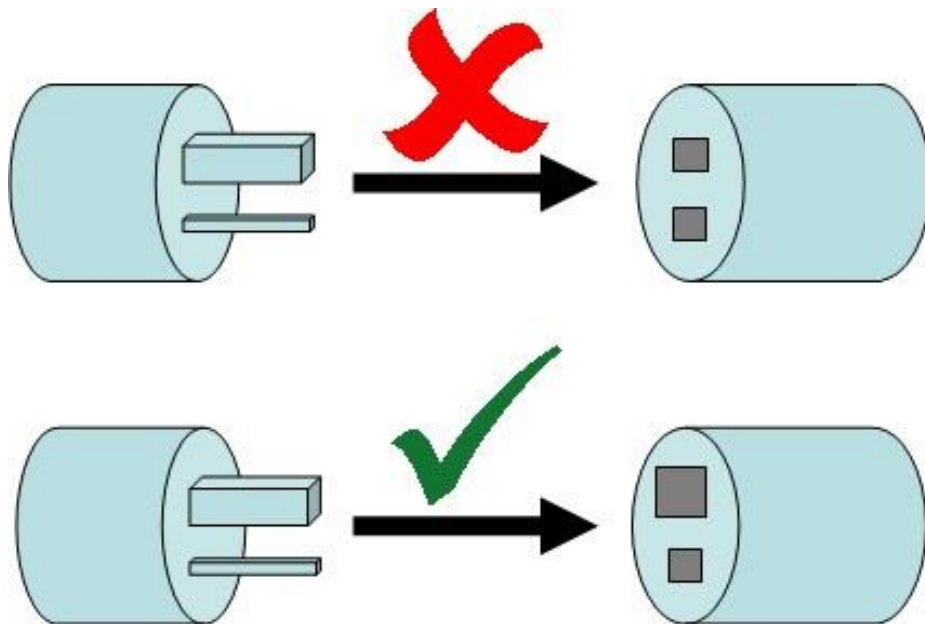


Ilustración donde se ejemplifica la técnica Poka-Yoke, donde se ve que como solo tiene una posición, se evitan errores de montaje

Los resultados de una buena aplicación de Poka-Yoke son:

- Calidad alta.
- Disminución de retrabajos.
- Cliente satisfecho.
- **Just In Time**

La filosofía JIT se traduce en un sistema que tiende a producir justo lo que se requiere, cuando se necesita, con excelente calidad y sin desperdiciar recursos del sistema.

El JIT es una metodología de organización de la producción que tiene implicaciones en todo el sistema productivo. Además de proporcionar métodos para la planificación y el control de la producción, incide en muchos otros aspectos de los sistemas de fabricación, como son, entre otros, el diseño de producto, los recursos humanos, el sistema de mantenimiento o la calidad.

Una definición para describir el objetivo de partida de un sistema JIT podría ser: «Producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan».

- **Jidoka**

Jidoka es una palabra japonesa que se traduce como “autonomación”, que significa “automatización con un toque humano”. Esta palabra, que no debe confundirse con automatización, define el sistema de control autónomo propuesto por el Lean Manufacturing. Bajo la perspectiva Lean, el objetivo radica en que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad, de forma que, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá, ya sea automática o manualmente por el operario, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Dado que sólo se producirán piezas con cero defectos, se minimiza el número de piezas defectuosas a reparar y la posibilidad de que éstas pasen a etapas posteriores del proceso.

Con este sistema máquinas y operarios se convierten en un inspector de calidad. No hay distinción entre empleados de la línea (que fabrican los artículos) e inspectores de calidad (que comprueban la bondad de la fabricación). Las fases de inspección, si son necesarias, se realizan dentro de la misma línea y cada operario garantiza la calidad de su trabajo.

- **Análisis Causa-Raíz**

El análisis de causa-raíz (ACR) se utiliza para investigar cuáles son las causas que han originado un determinado problema o incidencia. Permite graficar las relaciones causa-efecto que nos conducen a descubrir el evento indeseable o causa raíz, preguntándonos:

- ¿Cómo puede ocurrir la falla?
- ¿Porque son las causas de la falla?

Determinar bien las causas raíz de una incidencia es imprescindible para poder definir acciones correctivas apropiadas que la solventen y que eviten la repetición del problema en el futuro.

4. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

El TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total) es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos.

El TPM es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos.

En contra del enfoque tradicional del mantenimiento, en el que unas personas se encargan de "producir" y otras de "reparar" cuando hay averías, el TPM aboga por la implicación continua de toda la plantilla en el cuidado, limpieza y mantenimiento preventivos, logrando de esta forma que no se lleguen a producir averías, accidentes o defectos.

Esto quiere decir que se considera que no existe nadie mejor que el operario para conocer el funcionamiento del equipo, ya que este convive y trabaja diariamente con la maquina/s por lo que llega a conocerla muy profundamente.

El TPM es una nueva dirección para la producción. El TPM, que organiza a todos los empleados desde la alta dirección hasta los trabajadores de la línea de producción, es un sistema de mantenimiento del equipo a nivel de compañía que puede apoyar las instalaciones de producción más sofisticadas.

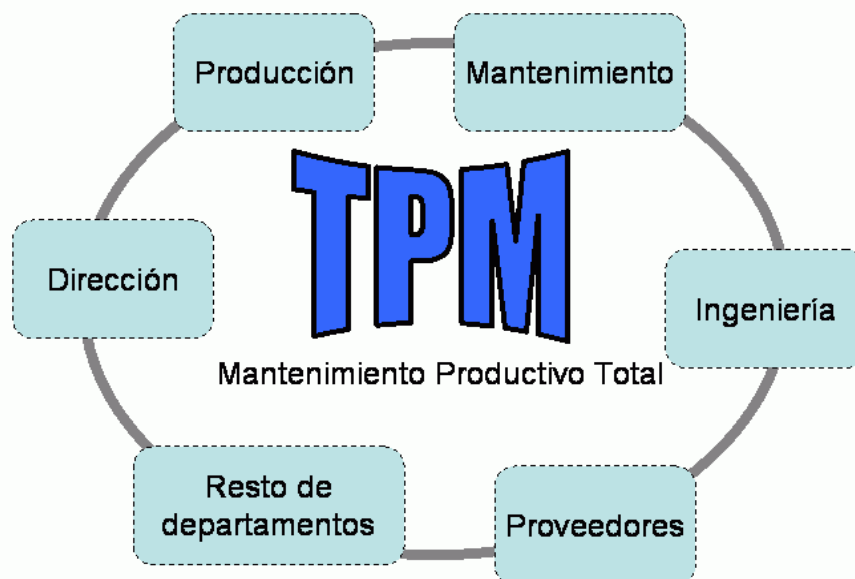


Gráfico donde se muestra los departamentos a los que engloba el TPM

- **Historia**

Para conocer los orígenes del TPM, debemos situarnos en el Japón posterior a la finalización de la II Guerra Mundial. En esta época (1946 – 1952), los japoneses estaban en la reconstrucción de su país. Como parte de este enorme proyecto, buscaron a expertos en control estadístico como Walter Andrew Shewhart o William Edwards Deming. En 1950, la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros (JUSE) invitó al Dr. Deming, debido a su conocimiento acerca de Japón y su cultura, a impartir unas charlas sobre Calidad y Control Estadístico de Procesos (SPC).

Como experto en estadística, Deming, que durante la guerra estuvo a cargo de optimizar la calidad en la fabricación del armamento estadounidense usado precisamente contra Japón, comenzó por mostrar a los japoneses cómo podían controlar, mediante análisis estadísticos, la calidad de sus productos durante la fabricación. Estos análisis permitían “entender lo que las máquinas dicen”, ya que la calidad exigida fluctúa en función de variaciones en el proceso de producción.

Al combinarse los procesos estadísticos se creó toda una *Cultura de la Calidad*, una nueva forma de pensar en el trabajo, que inicialmente se denominó como “*Total Quality Management (TQM)*” y que, con el tiempo, hacia la década de los setenta y fruto de la recesión por la crisis del petróleo y la alta competitividad industrial entre Estados Unidos y Japón, evolucionó hasta lo que actualmente conocemos como *TPM*.

Actualmente, se asocia al plan que se usaba en la planta Nippodenso, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de la década de los 60. Seiichi Nakajima, un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta (JIPM), recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón.

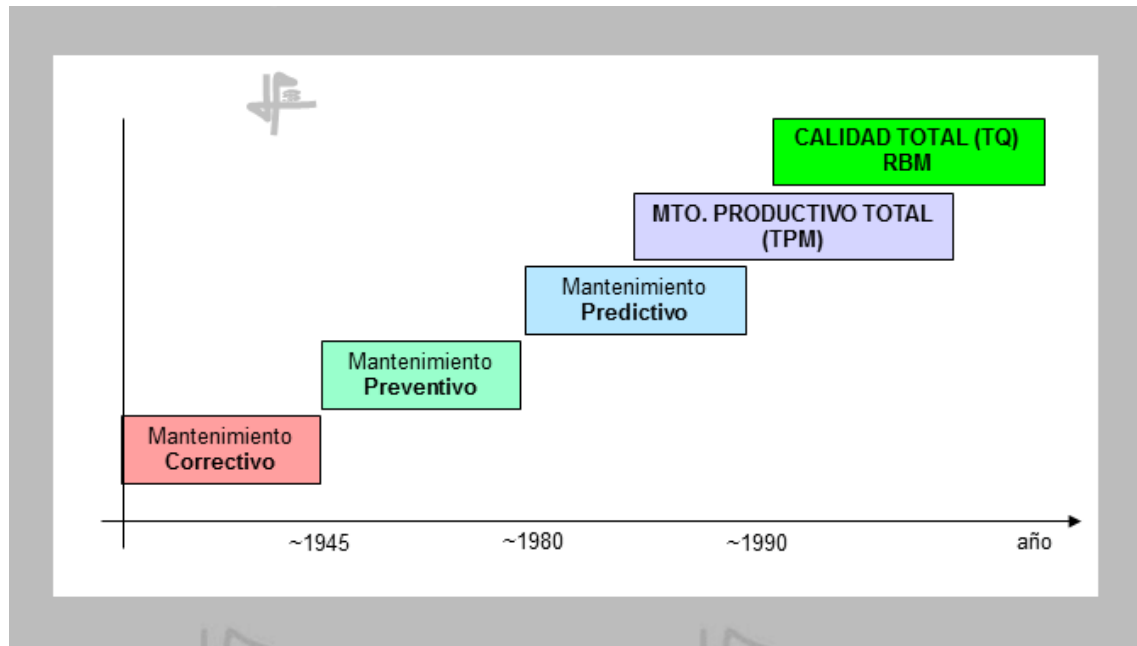
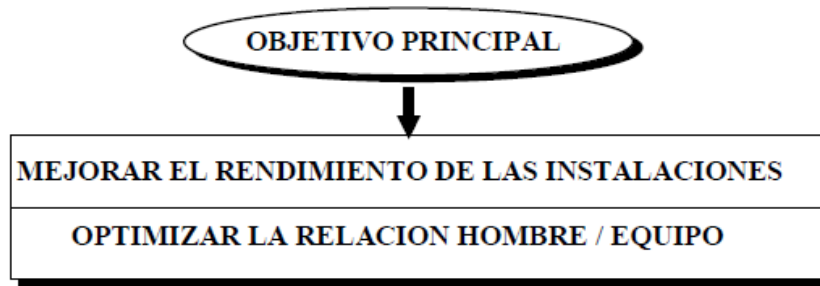


Gráfico en el que se muestra el orden cronológico de los tipos de mantenimiento

- **Características**

Como hemos visto, el mantenimiento productivo total consiste en la implementación de todos los operarios en el mantenimiento. Pero no consiste solo en eso, sino que tiene otras series de objetivos significativos:

- ✓ Busca obtener el rendimiento más alto posible. Este se busca tanto en los equipos individuales, como el propio sistema.
- ✓ Busca obtener una mayor vida útil tanto en los equipos como en la instalación.
- ✓ Quiere obtener la implicación activa de todos los departamentos (ingeniería, producción, mantenimiento...).
- ✓ Promueve la mejora continua de los equipos con la finalidad de poseer una mayor rentabilidad.
- ✓ Debido al conocimiento del operario sobre la máquina, evita fallos y averías, así como una mala producción.
- ✓ Posee una mayor seguridad para el operario y para los equipos.



La filosofía del TPM implica una serie de puntos importantes como son:

- a) Cambiar el pensamiento que tenemos sobre equipos o instalaciones: Las pérdidas de producción hace que se pierda eficiencia. Este es un punto que podemos evitar mediante el control de las fallas, averías, mal funcionamiento, paradas...
- b) Establecer una filosofía de prevención de averías. Para ello implica:
 - Conservar el estado específico del equipo o instalación.
 - Detección anticipada de problemas.
 - Tomar medidas apropiadas para evitar el deterioro.
 - Aumentar la calidad de la operación.
 - Controlar las causas de estas a fin de gestionarlas.

- **Pilares**

Los pilares en lo que se basa, o se sustenta, el TPM son una serie de procesos fundamentales por los que sirve de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Los pilares considerados como necesarios para el TPM son:

- PILAR 1: Mejora enfocada o Método Kaizen.

Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo con el objetivo de maximizar la efectividad de los equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos y centran su atención en la eliminación de las pérdidas existentes en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento.

Las técnicas TPM ayudan a eliminar ostensiblemente las averías de los equipos. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido Ciclo Deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

El sistema TPM habla de 6 tipos de pérdidas a eliminar de nuestros procesos productivos:

- a) Fallos en los equipos principales.
 - b) Cambios y ajustes no programados.
 - c) Ocio y paradas menores.
 - d) Reducción de velocidad.
 - e) Defectos en el proceso.
 - f) Pérdidas de arranque.
- PILAR 2: Mantenimiento autónomo o Jisho Hozen.

Una de las actividades del sistema TPM, y la más importante, es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Su propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipo a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respeto de las condiciones de operación, conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden.

El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo, esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

El mantenimiento autónomo tiene a prevenir fallas mediante la implantación de un sistema básico que consta de:

- a) Limpieza.
- b) Eliminación de fuentes de suciedad y contaminación.
- c) Elaboración de normas de Mantenimiento Autónomo.
- d) Aplicar técnicas de inspección general.
- e) Aplicar técnicas de autoinspección.
- f) Estandarización de procedimientos.
- g) Control de objetivos.

○ PILAR 3: Mantenimiento programado.

Mantenimiento planeado consiste en lograr mantener el equipo y el proceso en estado óptimo por medio de actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente a fin de evitar paradas innecesarias. Para conseguirlo, se establecen unas medidas como son:

- a) Establecer contramedidas diarias.
- b) Confirmar planes y acciones de mantenimiento programado.
- c) Mejorar la vida útil de los equipos e instalaciones.
- d) Control de repuestos y stocks.
- e) Perfeccionar el análisis, capacidad de diagnóstico y prevención de averías.
- f) Confirmar planes de lubricación.

○ PILAR 4: Mantenimiento de calidad o Hinshitsu Hozen.

El TPM tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad controlando las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen impacto directo en la calidad del producto. Frecuentemente se entiende en el entorno industrial que los equipos producen problemas cuando fallan y se detienen, sin embargo, se pueden presentar averías que no detienen el funcionamiento del equipo, pero producen pérdidas debido al cambio de las características de calidad del producto final.

Para conseguir este pilar, se pueden realizar las siguientes medidas:

- a) Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.
- b) Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para “cero defectos” y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos.
- c) Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anomalía potencial.
- d) Identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en la calidad del producto final y realizar el control de estos elementos de la máquina.

○ PILAR 5: Prevención del Mantenimiento.

Este pilar se centra en las actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria que posee, con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de averías.

Las técnicas de prevención de mantenimiento se fundamentan en la teoría de la fiabilidad, esto exige contar con buenas bases de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones.

○ PILAR 6: Mantenimiento de áreas soporte.

Su objetivo es lograr que las mejoras lleguen a la gerencia de los departamentos administrativos y actividades de soporte y que no solo sean actividades en la planta de producción. Estas mejoras buscan un fortalecimiento de estas áreas, al lograr un equilibrio entre las actividades primarias de la cadena de valor y las actividades de soporte.

En estos departamentos las siglas del TPM toman estos significados:

T.- Total Participación de sus miembros.

P.- Productividad (volúmenes de ventas y ordenes por personas).

M.- Mantenimiento de clientes actuales y búsqueda de nuevos.

○ PILAR 7: Polivalencia y desarrollo de actividades.

Las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo con las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo. El TPM requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

- a) Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.
- b) Comprender el funcionamiento de los equipos.
- c) Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
- d) Poder de analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.
- e) Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.
- f) Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

○ PILAR 8: Seguridad y entorno.

Se busca lograr el objetivo de “cero accidentes” y “cero contaminación”. Para se crean ambientes seguros, higiénicos y medio ambientales buenos, aparte de ser motivadores.

La contaminación en el ambiente de trabajo puede llegar a producir un mal funcionamiento de una máquina y muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos y herramientas en el área de trabajo.

Las acciones que realizar para llegar a conseguir este pilar son:

- a) Establecer medidas de seguridad del equipo / instalación.
- b) Lograr condiciones laborales más seguras.
- c) Mejorar el medio ambiente laboral (ruidos, vibraciones, suciedad, etc.).
- d) Evitar la contaminación ambiental.
- e) Cuidar la salud de los trabajadores.
- f) Promover acciones de limpieza e higiene.



Ilustración sobre los pilares del TPM

- **Perdidas**

La TPM debe afrontar pérdidas que obstaculizan la optimización total de los equipos. Estas pérdidas o fallas ocasionan o multiplican la posibilidad de detenciones del equipo. La definición de falla es mucho más amplia que la parada de un equipo e incluye su funcionamiento defectuoso y/o fallando. Esto quiere decir que el TPM quiere aumentar la efectividad del equipo a través de dos tipos de actividad:

- Cuantitativa: aumentando la disponibilidad total del equipo y mejorando su productividad dentro de un período dado de tiempo operativo.
- Cualitativa: reduciendo el número de productos defectuosos estabilizando y mejorando la calidad.

La meta del TPM es aumentar la eficacia del equipo de forma que cada pieza del mismo pueda ser operada óptimamente y mantenida a ese nivel. Aunque sea difícil aproximarse al cero, el creer que los defectos cero pueden lograrse es un requerimiento importante para el éxito del TPM.

La efectividad del equipo se limita por los seis tipos de pérdidas siguientes:

1. Pérdidas por averías

Las averías son el grupo de pérdidas más grande. Hay dos tipos: averías de pérdida de función y averías de reducción de función.

- Averías de pérdida de función: suelen producirse de repente y son fáciles de detectar. El equipo se detiene por completo.
- Averías de función reducida permiten que el equipo siga funcionando, pero a un nivel de eficacia inferior. Muchas veces se descubren las averías de función reducida sólo después de una exhaustiva observación, pero cuando no se detectan pueden causar momentos de inactividad y paradas pequeñas, repeticiones de trabajos, velocidad reducida y otros problemas y pueden llegar a ser la causa de averías de falla de función esporádicas.

En general, las averías pueden causarse por todo tipo de factores, pero solemos darnos cuenta únicamente de los grandes defectos, ya que son los más llaman nuestra atención, y pasamos por alto la multitud de defectos pequeños, aunque merecen igual atención porque se acumulan y también causan averías.

Muchas se producen simplemente por no hacer caso a detalles que parecen insignificantes tales como un tornillo suelto, abrasión, suciedad y contaminantes, y los efectos de estas pequeñas cosas se acumulan hasta afectar a la eficacia del equipo.

Para alcanzar la meta de cero averías hay que llevar a cabo las siguientes siete acciones:

✓ **Impedir el deterioro acelerado:**

El deterioro acelerado es simplemente un deterioro generado artificialmente. Cuando el deterioro acelerado se deja sin corregir se acorta la vida del equipo y ocurren averías. De hecho, la mayoría de las averías se deben al deterioro acelerado.

✓ **Mantenimiento de condiciones básicas del equipo:**

Realizar actividades básicas -limpieza, orden, lubricación, inspección y ajuste- para mantener las condiciones básicas del equipo. Si éstas no se realizan normalmente, el equipo sufrirá muchas averías.

✓ **Adherirse a las condiciones correctas de operación**

Muchas averías son el resultado de un equipo que tiene que operar más allá de su rango normal porque no se cumplen las condiciones normales. Operar un equipo bajo condiciones que sobrepasan los límites especificados en el manual de operaciones exponer el equipo a averías. Por esta razón es tan importante el mantenimiento de las condiciones correctas de operación.

✓ **Mejorar la calidad del mantenimiento**

A veces ocurren averías en piezas recientemente reemplazadas o reparadas debido a que el trabajador de mantenimiento no conocía las técnicas necesarias para llevar a cabo correctamente la reparación o instalación. Para impedir que ocurran estos errores, hay que mejorar los niveles de conocimiento técnico a través de la formación y de esta manera mejorar la calidad del trabajo de mantenimiento.

✓ **Hacer que el trabajo de reparación sea algo más que una medida transitoria**

El trabajo de reparación normalmente se realiza con la necesidad de poner el equipo en marcha con la mayor rapidez posible sin dar demasiada importancia a conocer las causas de la avería. Esta actitud da lugar a una repetición del mismo problema. Lo que hace falta aquí es una actitud que busque la raíz del problema lo cual, hay que admitirlo, no siempre se puede encontrar.

✓ **Corregir debilidades de diseño:**

Una razón por la cual las averías se manifiesten es que no se lleva a cabo una investigación suficiente de las debilidades incorporadas en el diseño del equipo (mecanismos mal diseñados, malas configuraciones de sistemas, selección incorrecta de materiales). Con demasiada frecuencia, no hay ninguna investigación que trate los defectos de diseño, o si la hay no se profundiza lo suficiente como para descubrir las implicaciones totales.

✓ **Aprender lo máximo posible de cada avería**

Una vez que haya ocurrido una avería, aprender todo lo que pueda sobre ella. Esto servirá para saber cómo impedir que la avería vuelva a ocurrir no sólo en el equipo afectado, sino también en modelos parecidos.

A menudo los informes de una avería se archivan y quedan olvidados cuando podrían servir como referencia en el futuro. Hay que aprender a aprovechar material de referencia de este tipo porque puede enseñar a trabajadores de mantenimiento y operarios lo que ellos pueden hacer para impedir las averías.

2. Pérdidas por preparación y ajuste

Las pérdidas por preparación y ajustes son pérdidas que se deben a paradas que ocurren durante el proceso de reutilización tales como cambio de útiles, etc. Las pérdidas por preparación y ajuste comienzan cuando la fabricación de un producto se ha concluido, y finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente. Los ajustes son los que consumen la mayor parte del tiempo.

3. Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas

A diferencia de las averías ordinarias, la inactividad y paradas pequeñas son el resultado de problemas transitorios en el equipo, pero tienen tanta o mayor incidencia que ellas en la eficacia del equipo. Los tiempos muertos y paradas pequeñas hay considerarlos como pérdidas.

4. Pérdidas por reducción de velocidad

Las pérdidas por reducción de velocidad se producen cuando hay una diferencia entre la velocidad prevista en el diseño de la máquina y su velocidad de operación actual. Las pérdidas por reducción de velocidad se ignoran, aunque constituyen un gran obstáculo para la eficacia del equipo. La meta debe ser eliminar el desfase entre la velocidad de diseño y la actual.

El equipo puede estar operando por debajo de la velocidad ideal o de diseño, entre otras opciones, por una variedad de razones:

- Problemas mecánicos y calidad defectuosa.
- Una historia de problemas anteriores.
- Temor de sobrecargar el equipo.
- No conocer la velocidad óptima.

Aumentar deliberadamente la velocidad de operación contribuye a la resolución de problemas revelando fallos latentes en la condición del equipo.

5. Defectos de calidad y repetición de trabajos

Los defectos de calidad y trabajos rehechos son pérdidas originadas por disfunciones de las máquinas. Los defectos esporádicos se corrigen devolviendo el equipo a su condición normal. Estos defectos incluyen los aumentos súbitos en la cantidad de defectos u otros fenómenos dramáticos.

Las causas de los defectos crónicos son de identificación difícil. Las reparaciones rápidas para volver a poner la máquina en funcionamiento raramente resuelven el problema, y las condiciones que realmente causan los defectos pueden ignorarse o dejarse de lado. Deben también registrarse como pérdidas crónicas, y no ignorarse, los defectos que se pueden corregir a través de rectificaciones y trabajos rehechos.

La eliminación de los defectos crónicos, como las averías crónicas, exige una profunda investigación y medidas innovadoras.

La meta principal es siempre la eliminación total de los defectos. Ya que hay distintos tipos de defectos -esporádicos y crónicos- alcanzar la meta de cero defectos se vuelve cada vez más difícil. Llegar a ella, requiere la consideración de medidas basadas en una comprensión amplia de todos los defectos.

6. Pérdidas de puesta en marcha

Las pérdidas entre la puesta en marcha y la producción estable son las que ocurren debido al rendimiento reducido entre el momento de arranque de máquina y la producción estable. Muchas veces, las pérdidas entre la puesta en marcha y la producción estable son difíciles de identificar y su alcance varía según la estabilidad de las condiciones del proceso, la disponibilidad de plantillas y troqueles, la formación de los trabajadores, las pérdidas debidas a operaciones de prueba y otros factores.



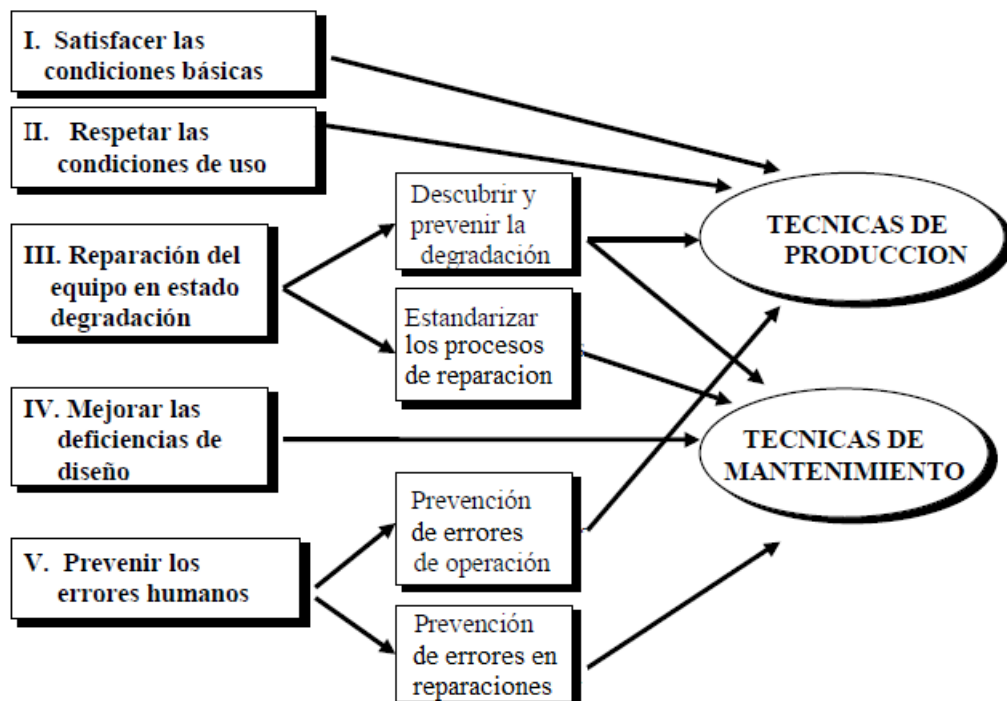
Esquema de las pérdidas consideradas en el TPM relacionándolo con sus afectaciones

Esta clasificación sobre la pérdidas, surgió a partir de que los proveedores de autopartes de Toyota se dieron cuenta que la única forma de responder al proceso de fabricación “justo a tiempo” implementado en la empresa, era disminuir y/o erradicar las pérdidas por fallas y/o averías a través del TPM.

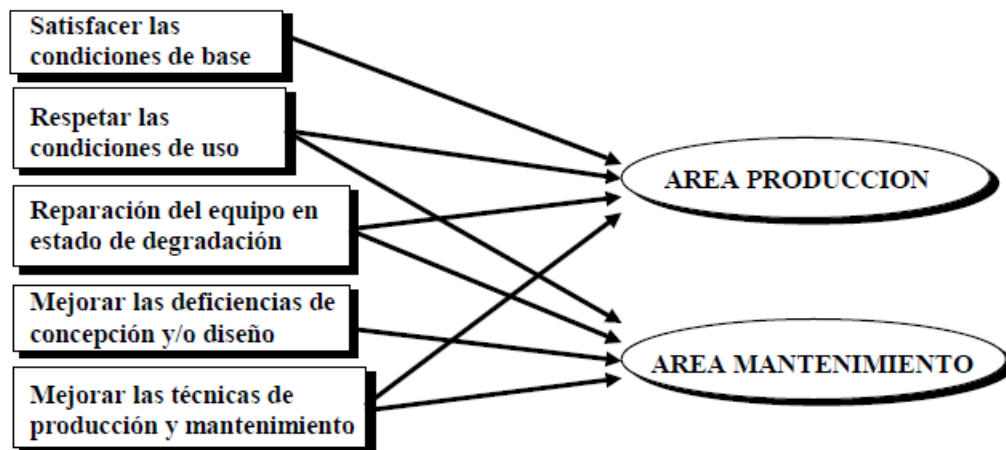
Para llegar a subsanar estas fallas, podemos expresar de manera simple una serie de medida básicas para eliminarlas como son:

- 1.- Satisfacer las condiciones básicas del equipo (limpieza, engrase, ajustar partes sueltas).
- 2.- Respetar las condiciones de utilización especificadas en el manual de operación.
- 3.- Remediar todas las causas de degradación del equipo tomando medidas a tiempo para evitarlo.
- 4.- Remediar o mejorar las deficiencias de concepción y/o diseño.
- 5.- Mejorar las funciones operativas/de mantenimiento, buscando prevenir errores humanos.

De una manera más grafica podemos ver las medidas a adoptar y el rango de actuación de estas a fin de reducir las fallas:



Y dependiendo del área:



Con lo que vemos, anteriormente comentado, que no depende la reducción de las fallas del departamento del mantenimiento, sino que también de otras áreas como puede ser de la producción, investigación...

- **Implantación**

Para la implantación del TPM habría que adaptar las tareas de mantenimiento, ya que, como hemos dicho antes, el operario es el encargado del mantenimiento o intervención, porque es el que mejor conoce la máquina. Para ello, y debido a que en operario en muchas ocasiones no puede realizar ciertas tareas (automatismos, circuitos electrónicos...), realizara los mantenimientos de primer nivel sin mayor problema hasta la llegada del operario de mantenimiento.

Pero estas no son las principales medidas para la implantación del TPM, sino que esta es la de que toda la empresa este implicada en ello, desde el más alto nivel (directivo), hasta el más bajo y último de estos (operario). Para ello, cada nivel tiene unas series de responsabilidades como son:

- ✓ Directivos:
 - Establecer objetivos y directrices del TPM.
 - Elaborar un plan de desarrollo de actividades.
 - Elaborar un diagnóstico.
 - Realizar el seguimiento y control de las acciones.
- ✓ Áreas y/o departamentos:
 - Establecer directrices y objetivos por área.

- Analizar resultados.
- Cumplir objetivos para optimizar la rentabilidad.
- Solucionar problemas a nivel de área.
- ✓ Líderes de grupos:
 - Desarrollar temas y objetivos.
 - Cumplimentar plan de acción.

En la implantación de TPM en una empresa se han estimado una serie de pasos a adoptar en los que el orden correspondería a la siguiente tabla que vemos a continuación y que posteriormente procederemos a desarrollar:



Etapas para la implantación del TPM

- Etapa inicial

Paso Nº:1 – Compromiso de la alta gerencia.

Como hemos comentado antes, el compromiso de la alta gerencia no solo debe estar comprometida sino también involucrada. Además, este compromiso debe ser divulgado a todos los niveles indicando las intenciones y expectativas.

Los informes emitidos por la dirección superior informando sobre la decisión de implantación, deben ser comunicados durante reuniones. Es recomendable que la decisión de implantar el TPM se divulgue de manera formal a través de documentos que circulen por la empresa para el conocimiento de todos los empleados.

La alta gerencia debe estar consciente y segura de cumplir los siguientes puntos y así obtener el éxito en la implantación del TPM:

- Verificar personalmente el nivel de comprensión de los colaboradores (visitar la áreas de trabajo, comprobar informes...).
- Verificar por la correcta divulgación de los conceptos de TPM.
- Cuidar para que sean desarrolladas siempre con actitudes positivas.
- Elogiar a los trabajadores por el esfuerzo.
- Verificar y comentar los resultados presentados evitando extrapolaciones y conclusiones apresuradas.
- Mostrarse interesado por los problemas y ofrecer ayuda.
- Usar las críticas moderadamente y que sean siempre para incentivar el trabajo.
- Cuando se presenten preguntas, hablar abierta y francamente sobre los problemas tratando de motivar el grupo en la búsqueda de soluciones.

Paso Nº:2 – Campaña de difusión del método.

La meta del TPM es la reestructuración de la cultura empresarial a través del perfeccionamiento de los recursos humanos, de los equipos y de las instalaciones. Basado en esto, se debe elaborar un programa de educación a todos los niveles.

El TPM no funciona cuando se trata de colocarlo inmediatamente después de la decisión de la alta gerencia. Su implantación demanda una adecuada capacitación y educación previa.

Se debe capacitar al personal de todas las áreas para que todos puedan cooperar y participar de las actividades pertinentes. Además de esto, se recomienda una campaña con carteles y otros medios de divulgación.

Paso Nº:3 – Definición del comité de coordinación y nombramiento de los responsables para la gestión del programa y formación de los grupos de trabajo.

En este paso se establece un comité de coordinación de implantación (de preferencia jefes de departamentos) que a su vez nombrarán sus equipos de trabajo en cada área.

El TPM está basado en las actividades en equipo realizadas por los trabajadores. Estos equipos o grupos son liderados por elementos que se destacan en las funciones de supervisión.

Como el éxito depende enormemente de la selección, tanto del jefe, del comité, como de los encargados de la implantación, estos deben ser seleccionados en el ámbito de las personas más responsables para desarrollar esas funciones.

Paso N°:4 – Política básica y metas.

Se promocionará el TPM como parte de una política y de una administración objetiva, se indicará la medida en la que la implicación del TPM, a mediano y largo plazo, con las políticas de la empresa, así como la introducción de su meta en el objetivo comercial de la empresa.

Se deben definir las metas: reducción de fallas, disponibilidad, aumento de la productividad, etc. Estas metas se deben establecer tomando como referencia los valores actuales.

Paso N.º: 5– Plan piloto.

Se establecerá un plan piloto para el acompañamiento, desde la preparación, para la introducción del TPM hasta su implantación definitiva para verificar los progresos obtenidos, establecer parámetros actuales y comparar con el desarrollo cambiando los esquemas.

Como el TPM se destina al perfeccionamiento de los recursos humanos y de los equipos e instalaciones, tanto sus objetivos iniciales como sus respectivos resultados pueden llevar algún tiempo para ser alcanzados.

- *Etapa de implantación*

Paso N°:6 – Inicio de la implantación.

Se debe haber concluido el proceso de educación introductoria al TPM a todos los empleados antes del inicio de la implantación.

Se debe planificar un evento para dar inicio a la implantación en el cual deberán participar todos los empleados. Los directores deberán pronunciar palabras de estímulo.

Es recomendable realizar una visita a todas las áreas con preguntas directas a los empleados para verificar si comprendieron plenamente los objetivos a ser alcanzados.

Paso N.º: 7– “Kobetsu-Kaisen” para la obtención de la eficiencia de los equipos e instalaciones.

El método “Kobetsu-Kaisen” es el levantamiento detallado de las necesidades de mejora de un equipo, efectuado por un grupo multidisciplinario formado por ingenieros, gerentes de línea, personal de mantenimiento y operadores.

El grupo debe seleccionar una línea de equipos donde se presente un “cuello de botella”, que puede generar pérdidas crónicas en la cual sea posible alcanzar la perfección a través de esfuerzos continuos.

Se debe estimular a los integrantes del grupo a presentar sugerencias que ayuden a mejorar el equipo en estudio.

Paso N°:8 – Establecimiento del “Jishu-Hozen” (mantenimiento autónomo).

El “Jishu-Hozen” es un método de desarrollo que permite al mismo operador controlar su propio equipo. El “Jishu-Hozen” es desarrollado en siete pasos, pasando de uno a otro después de haber concluido el anterior con el apoyo y la evaluación de los gerentes.

El primer paso es la inspección de limpieza. Tiene como objetivo elevar la fiabilidad del equipo a través de tres actividades:

- Eliminar el polvo, la suciedad y los desechos.
- Descubrir anomalías.
- Corregir pequeñas deficiencias y establecer las condiciones básicas del equipo.

El segundo paso se compone de: medidas defensivas contra la suciedad y mejora del acceso a las áreas de difícil limpieza y lubricación. En este paso se hacen mejoras para eliminar la contaminación.

En el tercer paso formularemos estándares de trabajo y estará destinado a la preparación de los criterios que deben ser observados por los operadores. Se busca crear el hábito para el cuidado de los equipos mediante la elaboración y utilización de estándares de limpieza, lubricación, ajuste de tornillos, pernos y otros elementos de ajuste. Tiene por objetivo prevenir el deterioro del equipo.

El cuarto paso es la inspección general, para esto se debe capacitar a los operadores de cómo se debe hacer la inspección de cada componente del equipo.

El quinto paso es la inspección autónoma que tiene como finalidad que los operadores puedan realizar la inspección de sus equipos y puedan a la vez detectar problemas y corregir pequeños daños.

El sexto paso es la estandarización y está destinado a establecer y mantener el control de los equipos.

El séptimo y último paso es el control totalmente autónomo y está destinado a dar continuidad a las actividades “Jishu-Hozen” aprovechando al máximo los conocimientos obtenidos anteriormente.

Paso Nº:9– Eficacia de los equipos por la ingeniería de producción (operación y mantenimiento).

En este paso implantaríamos la metodología en el equipo piloto, normalizando y transformando en rutina, todo aquello que fue suministrado en el paso anterior.

Desarrollaremos productos fáciles de fabricar y de equipos fáciles de operar y mantener.

Estableceremos las condiciones para eliminar defectos de productos y facilitar los controles.

Paso Nº:10 – Establecimiento del sistema para la obtención de la eficiencia global en las áreas de administración.

Apoyaremos a la producción incrementando la eficiencia en el ámbito de las oficinas, los equipos, operadores.

Desarrollo y aplicación del JIT (Just In Time). El JIT es una filosofía industrial de eliminación de todo lo que implique desperdicio en el proceso de producción, desde las compras hasta la distribución.

Analizaríamos criterios para reducir esperas (material, herramientas, traslados, transporte, etc.).

Paso Nº:11– Establecimiento del sistema, buscando la promoción de condiciones de seguridad, higiene y ambiente agradable en el trabajo.

Análisis e implantación de “Recomendaciones de seguridad”.

Implantación de estímulos a la notificación de condiciones inseguras en el trabajo y de perjuicio al medio ambiente.

Planteamiento y búsqueda de la meta: “cero accidentes y cero polución”.

- Etapa final

Paso Nº:12 – Aplicación plena del TPM e incremento de los respectivos niveles.

En este paso se hace una ampliación del TPM a los demás equipos de la planta, se definen nuevas metas y desafíos y se realiza una consultoría para la implantación de ajustes.

5. LEAN MAINTENANCE

El Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

Podría decirse que Lean consiste en la aplicación sistemática de un conjunto de herramientas que persiguen la mejora de los procesos centrándose en la eliminación de los desperdicios asociados a la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos.

El objetivo principal es identificar todo aquello que no aporta valor al cliente y eliminarlo. Para alcanzar este objetivo las técnicas Lean cubren la práctica totalidad de las áreas operativas de fabricación.

- **Historia**

En el año 1902, Sackichi Toyoda un industrial textil japonés, quien fuera fundador junto a su hijo Kiichiro de la automotriz Toyota Co. en 1930, invento un dispositivo que detenía un telar al cortarse una de las hebras. Este era el primer acto de separar el hombre de la máquina, alertando al operador a que la maquina requería atención, de esta manera un operador podía atender más de una maquina a la vez, factor que impacta considerablemente en la productividad (más unidades por personas). En 1929 Toyoda vende los derechos de su compañía textil y ordena a su hijo a que invierta en una automotriz naciendo así Toyota Co.

Tanto Toyota como otra firmas japonesas, se enfrentan a un escenario económico mundial post guerra, reconociendo su precariedad industrial entendiendo que, al no contar con materias primas, solo contaban con ellos mismos para enfrentar el cambio.

Finalizada la segunda guerra mundial en 1945 los industriales de Japón inician una búsqueda de las mejores prácticas en USA. Enfocaron especial atención en las practicas utilizadas por la automotriz Ford y el control estadístico de procesos diseñada por Dr. W. A Shewart, integrando además principios de W. Edwards Deming, Joseph Moses Juran y Kaoru Hishikawa entre los más importantes.

La metodología Lean Manufacturing tiene sus inicios en Just in Time (JIT) que surge a inicios de 1950 bajo el lema “solo se produce lo que el cliente necesita” y es desarrollado por Toyota como Toyota Production System (TPS), que luego se transforma en TQM, para pasar a TPM y finalmente en Lean en la década de los 90.

- **Principios**

Los principios sobre los cuales se articula todo el entramado de técnicas Lean se centran en dos factores principales:

- El factor humano y la manera de pensar, en el que destacan los siguientes principios:
 - Trabajar en planta y comprobar las cosas in situ.
 - Formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen a otros.
 - Crear una organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua.
 - Desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.
 - Promover equipos y personas multidisciplinares.
 - Descentralizar la toma de decisiones.
 - Reducir el tiempo necesario para que una pieza producida, recorra una cadena de valor (Lead time).
 - Integrar funciones y sistemas de información.
 - Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.
- El factor operacional:
 - Identificar y eliminar funciones y procesos innecesarios.
 - Crear un flujo de proceso continuo que visualice los problemas en la superficie.
 - Utilizar sistemas en los que la demanda tire de la producción (sistemas “Pull”) para evitar la sobreproducción.
 - Nivelar la carga de trabajo para equilibrar las líneas de producción.
 - Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua.
 - Utilizar el control visual para la detección de problemas.
 - Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas JIT.
 - Reducir los ciclos de fabricación y diseño.
 - Conseguir la eliminación de defectos.

Muchos de estos factores son ya tenidos en cuenta en la mayor parte de las organizaciones. La clave del Lean Manufacturing consiste en analizar y medir la eficiencia y productividad de todos los procesos en términos de “valor añadido” y “despilfarro”.

En este sentido, hay que señalar que desde un enfoque Lean, toda actividad que no aporte un valor añadido al producto, el cual el cliente esté dispuesto a pagar, es un despilfarro. Hay determinados procesos que aportan valor indirectamente (procesos de soporte) y aunque no generen un valor agregado por sí mismos, son necesarios.

Por eso es tan importante clasificar y eliminar de forma sistemática los desperdicios a través de tres sencillos pasos:

1. Reconocer el desperdicio y el valor añadido dentro de los procesos de la empresa.
2. Actuar para eliminar el desperdicio aplicando la técnica Lean más adecuada.
3. Estandarizar el trabajo con mayor carga de valor añadido para, posteriormente, volver a iniciar el ciclo de mejora.

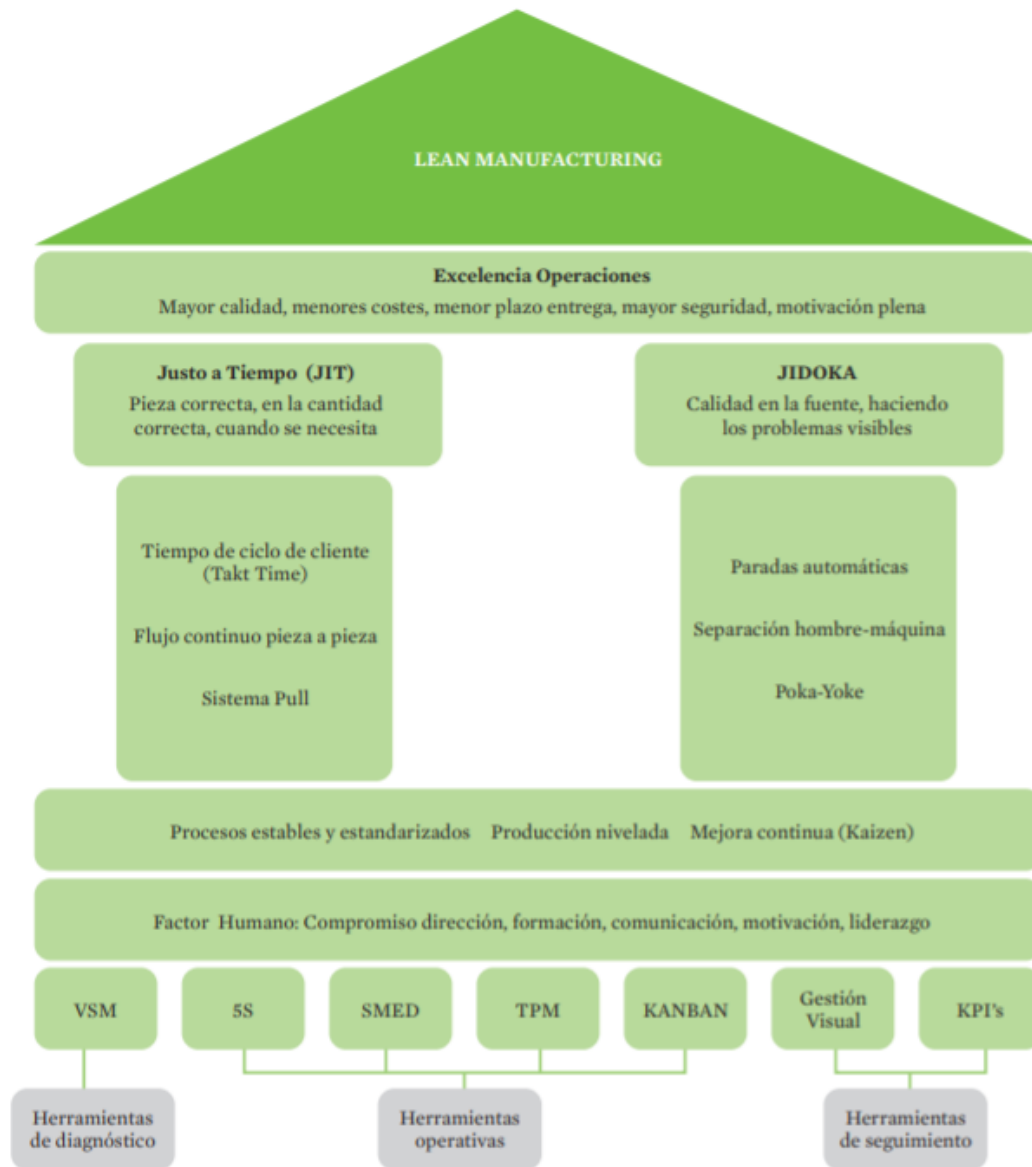
- **Pilares**

Como hemos comentado antes, Lean es una herramienta con una filosofía de liderazgo, trabajo en equipo y resolución de problemas, que lleva hacia la mejora continua focalizándose en las necesidades de los clientes, potenciar las facultades de los empleados y mejorar procesos de producción.

Esta filosofía se centra más en el proceso donde se entrega el producto/servicio al cliente, y menos en el producto/servicio. Todas las organizaciones están basadas en procesos fundamentales para la creación de valor para los clientes.

El objetivo principal es eliminar los “desperdicios” para proporcionar al cliente la mejor calidad, con el mejor servicio y plazo de entrega al menor coste posible. Para ello, se basa en las herramientas que habíamos comentado antes, como son:

- Just In Time: Una filosofía que produce lo que se requiere, cuando se necesita, con buena calidad y sin desperdiciar recursos.
- Jidoka: Una filosofía que pretende automatizar con un toque humano.



Pilares del Lean Manufacturing

- **Técnicas Lean**

El Lean Manufacturing en la práctica se aplica a través de una amplia variedad de técnicas. Estas técnicas pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso y dependiendo de la elección de las metas que se escogen.

La mejor forma de obtener una visión simplificada, ordenada y coherente de las técnicas es analizarlas una a una de la siguiente manera:

○ SMED

SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies), es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se logra estudiando el proceso e incorporando cambios en la máquina, utillaje, herramientas e incluso en el propio producto. Estos cambios implican la reducción de tiempo, eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de instalar nuevos mecanismos de alimentación/ajuste/retirada/centrado rápido mediante plantillas y anclajes.

Es una metodología clara, fácil de aplicar y que consigue resultados rápidos y positivos, generalmente con poca inversión. Pero esto requiere una constancia en el propósito, si no, la meta nunca será obtenida.

Cabe destacar que en las empresas japonesas la reducción de tiempos de preparación no sólo recae en el personal de producción e ingeniería, al igual que en el TPM, sino también en los Círculos de Control de Calidad (CCC). Precisamente, SMED hace uso de las técnicas de calidad para resolución de problemas como es el análisis de Pareto.

Estas técnicas se usan para detectar posibilidades de cambio, simplificar o eliminar tareas de preparación a partir de identificar la causa raíz que determinan tiempos elevados de preparación. Las posibles causas que originan estos elevados tiempos de preparación constan de:

- La preparación es incierta.
- No se ha estandarizado el procedimiento de preparación.
- Utilización de equipos inadecuados.
- No haber aplicado la mejora a las actividades de preparación.
- Los materiales, las técnicas y las plantillas no están dispuestos antes del comienzo de las operaciones de preparación.
- Las actividades de acoplamiento y separación duran demasiado.
- Número de operaciones de ajuste elevado.
- Las actividades de preparación no han sido adecuadamente evaluadas.
- Variaciones en los tiempos de preparación de las máquinas.

Para llevar a cabo una acción SMED, las empresas deben acometer estudios de tiempos y movimientos relacionados específicamente con las actividades de preparación. Estos estudios suelen encuadrarse en cuatro fases bien diferenciadas:

Primera fase: Diferenciar la preparación externa y la interna.

Por preparación interna, se entienden todas aquellas actividades que requiere que la máquina se detenga. La preparación externa se refiere a las actividades que pueden llevarse a cabo con la máquina funciona. El principal objetivo de esta fase es separar la preparación interna de la preparación externa, y convertir lo que sea posible de preparación interna en preparación externa. Para convertir la preparación interna en preparación externa y reducir el tiempo de esta última, son esenciales los puntos siguientes:

- Preparar previamente todos los elementos: plantillas, técnicas, troqueles y materiales...
- Realizar el mayor número de reglajes externamente.
- Mantener los elementos en buenas condiciones de funcionamiento.
- Crear tablas de las operaciones para la preparación externa.
- Utilizar tecnologías que ayuden a la puesta a punto de los procesos.
- Mantener el buen orden y limpieza en la zona de almacenamiento de los elementos principales y auxiliares (5S).

Segunda fase: Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora de las operaciones

Las preparaciones internas que no puedan convertirse en externas deben ser objeto de mejora y control continuo. Para la mejora continua de las mismas, se requieren los siguientes puntos:

- Estudiar las necesidades de personal para cada operación.
- Estudiar la necesidad de cada operación.
- Reducir los reglajes de la máquina.
- Facilitar la introducción de los parámetros de proceso.
- Establecer un estándar de registro de datos de proceso.
- Reducir la necesidad de comprobar la calidad del producto.

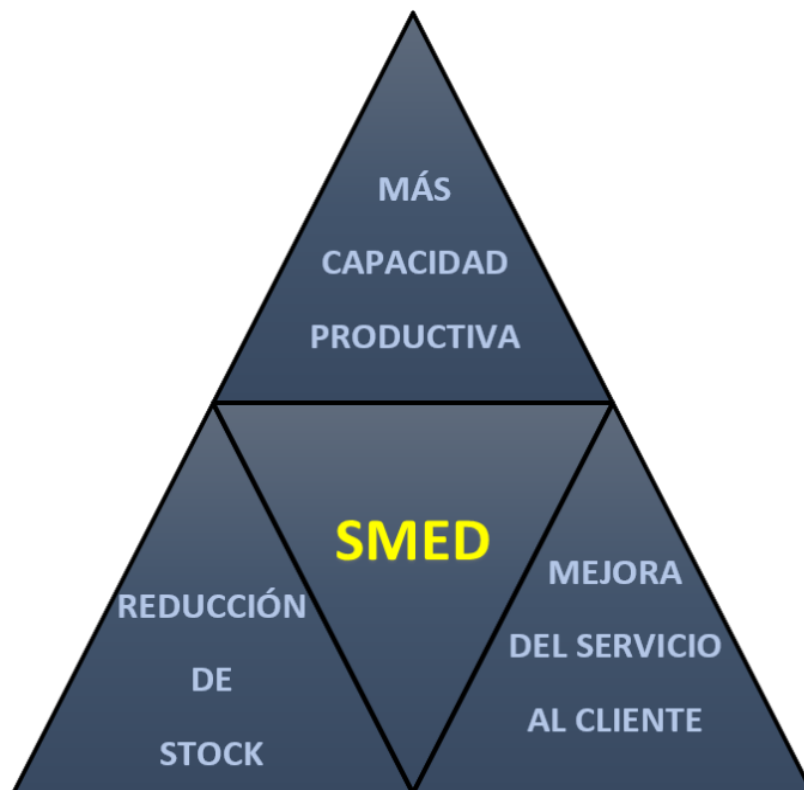
Tercera fase: Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora del equipo

Todas las medidas tomadas a los efectos de reducir los tiempos de preparación se han referido hasta ahora a las operaciones o actividades. La siguiente fase debe enfocarse a la mejora del equipo:

- Organizar las preparaciones externas y modificar el equipo de forma tal que puedan seleccionarse distintas preparaciones de forma asistida.
- Modificar la estructura del equipo o diseñar técnicas que permitan una reducción de la preparación y puesta en marcha.
- Incorporar a las máquinas dispositivos que permitan fijar la altura o la posición de elementos como plantillas, mediante el uso de sistemas automáticos.

Cuarta fase: Preparación Cero

La meta por conseguir es que el tiempo ideal de preparación sea cero por lo que el objetivo final debe ser plantearse la utilización de tecnologías adecuadas y el diseño de dispositivos flexibles para productos de la misma familia. Los beneficios de la aplicación de las técnicas SMED se traducen en una mayor respuesta a los cambios en la demanda (mayor flexibilidad), permitiendo la aplicación posterior de los principios y técnicas Lean como el flujo pieza a pieza, la producción mezclada o la producción nivelada.



Grafica sobre los principios de la técnica SMED

- Estandarización

La estandarización supone unos de los cimientos principales del Lean Manufacturing sobre los que deben fundamentarse el resto de las técnicas.

La estandarización consiste en descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas de una fábrica y nos proporcionan conocimientos precisos sobre máquinas, personas, materiales, mediciones, métodos e información, con el objeto de hacer productos de calidad fiables, seguros, baratos y rápidos.

Las características que debe tener una correcta estandarización se pueden resumir en:

1. Ser descripciones simples y claras de los mejores métodos para producir cosas.
2. Proceder de mejoras hechas con las mejores técnicas y herramientas disponibles en cada caso.
3. Garantizar su cumplimiento.
4. Considerarlos siempre como puntos de partida para mejoras posteriores.

Para garantizar que se cumplan unos productos de alta calidad, se procede a realizar una serie de controles que nos ayudarían en el proceso, los cuales son:

- Control visual

En control visual consiste en un conjunto de medidas de comunicación que persiguen plasmar, sencilla y evidentemente, la situación del sistema de productivo con ímpetu en anomalías y despilfarros. El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema. Se suele tener en cuenta que, en la mayoría de los casos, las fábricas usan estadísticas, gráficas y cifras de carácter estático y especializado que solo sirven a una pequeña parte de los responsables de la toma de decisión.

En este sentido, el control visual se convierte en la herramienta Lean que convierte la dirección por especialistas en una dirección simple y transparente con la participación de todos. Puede afirmarse que es la forma con la que Lean Manufacturing “estandariza” la gestión.

- Técnicas de calidad

La garantía de alta calidad constituye un pilar importante. La calidad se suele asociar con “hacer las cosas bien a la primera” y en todas sus áreas para alcanzar la plena satisfacción de los clientes. El esfuerzo continuo mediante las técnicas de calidad es la forma de asegurar que todas las unidades producidas cumplan las especificaciones dadas.

La reparación de los defectos no se realiza después de un largo tiempo de producción defectuosa, sino inmediatamente después de la localización de un problema. Para alcanzar estos objetivos, Lean Manufacturing propugna un uso intensivo de las técnicas de Calidad TQM (Total Quality Management), destacando entre todas ellas:

- Chequeos de autocontrol:

Los autochequeos persiguen que el mismo operario que ejecuta las operaciones de fabricación se encargue de la inspección. Son un buen complemento en aquellos casos en que no es posible diseñar mecanismos anti-error. Es un sistema muy eficiente, aunque puede ser difícil que los operarios tengan un espíritu crítico con su trabajo y sea necesario añadir otros sistemas de inspección.

- La Matriz de Autocalidad (MAQ):

La Matriz de Autocalidad (MAQ) es una herramienta que permite visualizar “dónde” se producen los defectos en un proceso y “hasta quién llegan”. En la práctica se usa registrar los defectos para perseguir que se detecten allí donde se generan.

En esta matriz se representan cada una de las fases de un proceso productivo en filas y columnas. En general, se incluyen dos columnas destinadas a proveedores: la primera para los externos (se reflejan las compras) y la segunda para los internos (las distintas secciones que aprovisionan la línea de montaje). También se incluyen dos filas para clientes finales: una para los de carácter externo y otra para los de carácter interno.

		FASE DONDE SE PRODUCE EL DEFECTO							Total ppm
		Proveedor Externo	Proveedor Interno	Fase 1	Fase 2	Fase 3	—	Fase n	
FASE DONDE SE DETECTA EL DEFECTO	Fase 1								
	Fase 2								
	Fase 3								
	—								
	Fase n								
	Cliente interno								
	Cliente externo								
	Total ppm								
		TOTAL DE PIEZAS PRODUCIDAS EN UN PERIODO					TOTAL PPM		

Objetivo: Diagonalizar la matriz aquí. Los defectos se detectan donde se producen

Matriz de calidad

➤ Ciclo PDCA

También conocido como círculo Deming, se considera que es una de las técnicas fundamentales a la hora de identificar y corregir los defectos. El ciclo planificar-ejecutar-verificar-actuar, en el entorno Lean Manufacturing, debe guiar todo el proceso de mejora continua, tanto en las mejoras drásticas como en las pequeñas mejoras.

Las siglas significan:

- P (plan): diagnosticar los problemas, definir los objetivos y la estrategia para abordarlos.
- D (do): llevar a cabo el plan.
- C (check): analizar los resultados.
- A (act): ajustar, aprender de la experiencia, sacar conclusiones.

Posteriormente se puede realizar una nueva P o pasar a la S, al estándar, si se han cubierto los objetivos.

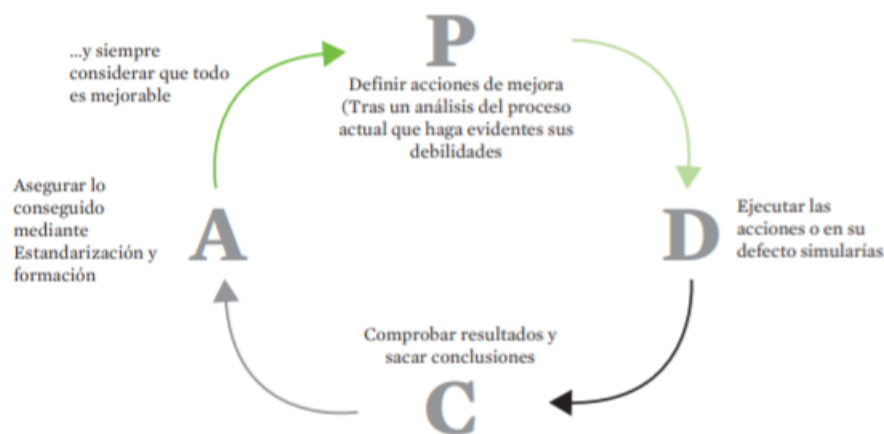


Gráfico sobre el ciclo PDCA

➤ Cero defectos:

El objetivo final de aplicar cualquier herramienta de la calidad es la obtención de cero defectos bajo una perspectiva que englobe los cinco elementos clave de la de las fabricas: máquinas, operarios, método, materiales e información.

- Seis Sigma

Es una aplicación como herramienta de calidad dentro de los valores clave de algunas empresas, como parte de su filosofía de actuación Lean. Mas que una herramienta, es una nueva técnica que adquiere su máxima efectividad cuando se combina con Lean Manufacturing. Se ha optado por incluirla dentro de las técnicas Lean para intentar clarificar sus diferencias ya que es muy frecuente encontrar alusiones recientes al Lean Seis Sigma (LSS).

Mientras que Lean Manufacturing actúa sobre los despilfarros, Seis Sigma afronta el análisis de las causas para evitar su repetición. Los principios Seis Sigma es la mejor forma de conocer el contenido y alcance de este sistema:

- Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo.
 - Se apoya en una estructura directiva que incluye personal a tiempo completo.
 - Formación y acreditación.
 - Orientada al cliente y enfocada a los procesos.
 - Se dirige con datos.
 - Se apoya en una metodología robusta.
- Sistemas de participación del personal

Estos sistemas se definen como las actividades que permiten canalizar eficientemente todas las iniciativas que puedan incrementar la competitividad de las empresas. Estos sistemas tienen como objetivo ver los problemas o las oportunidades de mejora para plantear e implantar acciones que permitan resolverlos. Son pieza fundamental en el proceso de mejora continua propugnado por el Lean Manufacturing.

- Kanban

Es un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (Kanban en japonés), aunque pueden ser otro tipo de señales. Utiliza un sistema para tirar de la producción (pull) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, mediante la utilización de tarjetas. Kanban se considera como una herramienta para asegurar una alta calidad y una producción justa en el momento adecuado (JIT).

Consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y éstos comienzan a producir solamente las piezas, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y con la línea de montaje final. Las tarjetas se adjuntan a contenedores de los materiales o productos, de forma que cada contenedor tendrá su tarjeta y la cantidad que indica, es la que debe tener el contenedor.

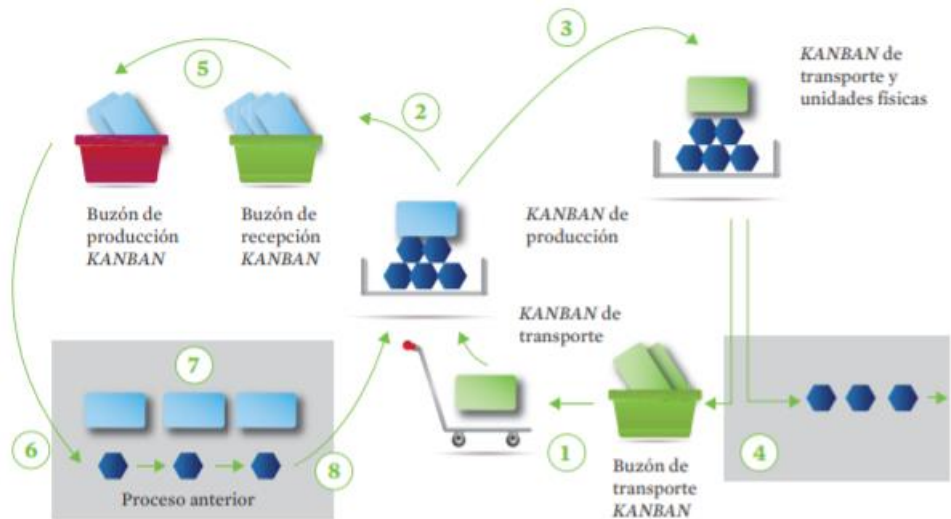


Gráfico sobre el método Kanban

o Heijunka

Heijunka es una técnica que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad en un periodo de tiempo. Evidentemente, esta herramienta no es aplicable si hay nula o poca variación de tipos de producto. La gestión práctica del Heijunka requiere un buen conocimiento de la demanda de clientes y los efectos de esta demanda en los procesos. Exige una atención a los principios de estandarización y estabilización. Los pedidos de los clientes son relativamente constantes si se consideran en un período grande de tiempo, pero impredecibles en un rango de tiempo pequeño.

Para la aplicación del Heijunka existen una serie de técnicas que permiten obtener un sistema de producción de determinado ritmo, trabajo y flujo constante, lo que proporciona unas ventajas de la optimización de mano de obra, minimización de inventarios y tiempos de respuesta al cliente. Estas técnicas son:

- Usar células de trabajo.
- Flujo continuo pieza a pieza.
- Producir respecto al Takt time (tiempo de ritmo).
- Nivelar el mix y el volumen de producción.

- **Desperdicios**

El Lean Manufacturing mide la eficiencia y productividad en términos de “valor añadido” y “despilfarro”. Estos son indicadores de productividad que nos indican el rendimiento de sus procesos, nos hacen plantearnos si está o no bien hecho, si tiene o no “valor”.

Entender esta definición es muy importante a la hora de juzgar y catalogar nuestros procesos. El valor añadido es lo que realmente mantiene vivo el negocio y su cuidado y mejora debe ser la principal ocupación de todo el personal. En este punto, en el entorno Lean se define “despilfarro” como todo aquello que no añade valor al producto y no es esencial para fabricarlo.

No se debe cometer el error de confundir desperdicio con lo necesario, es decir, cuando identificamos una operación o proceso como desperdicio, asociamos dicho pensamiento a la necesidad de su inmediata eliminación y eso nos puede crear confusión.

El reconocimiento de los desperdicios, debe ser el primer paso para la selección de las técnicas más adecuadas. Los desperdicios que considera el Lean Manufacturing son:

- Sobreproducción:

Una pérdida o desperdicio importante en los medios industriales es el desperdicio por sobreproducción. A menudo se ejecutan actividades que no agregan valor. En el mantenimiento, esta pérdida se traduce una serie de causas múltiples como son:

- Procesos no eficientes.
- Cambios de modelos descontrolados.
- Programación no nivelada.
- Inspecciones redundantes.
- Mala utilización de la automatización.
- Mantenimiento no efectivo.

Como medida contra la sobreproducción, el Lean Manufacturing aporta una serie de acciones a fin de eliminar la sobreproducción de los productos, como son:

- Implementación del sistema “pull” mediante Kanban.
- Acciones de reducción de tiempos de preparación SMED.
- Nivelación de la producción.

○ Esperas

La espera es un tiempo perdido como resultado de un trabajo o proceso ineficiente, ya sea porque un operario tiene que esperar por otro o una parada no planificada, esperar por las herramientas, por los catálogos de partes, el transporte, y otros... es un derroche. Esperar no agrega valor y debe eliminarse o reducirse. Las causas de este despilfarro pueden venir dadas por:

- Métodos de trabajo no estandarizados.
- Desequilibrio de capacidad.
- Maquinaria inapropiada.
- Operación retrasadas por ausencia de material.
- Baja coordinación entre operarios.
- Tiempos de preparación de máquina/cambios de utillaje.

Como contramedidas, el Lean Maintenance, ofrece una serie de correcciones como son:

- Nivelación de producción. Equilibrado de la línea.
- Automatización con un toque humano (Jidoka).
- Cambio rápido de técnicas y utillaje.
- Adiestramiento polivalente de operarios.

○ Transporte

Este despilfarro proviene del movimiento o la manipulación del material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. En este sentido, es importante optimizar la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores. Las causas que derivan en este desperdicio son:

- Gran tamaño de lotes.
- Procesos poco flexibles.
- Programas de producción no uniformes.
- Tiempos de preparación elevados.
- Excesivos almacenes intermedios.
- Baja eficiencia de operarios y máquinas. Reprocesos frecuentes.

Como medida para solucionar este despilfarro, se pueden realizar las siguientes medidas:

- Layout del equipo basado en células de fabricación flexibles.
- Trabajadores polivalentes.
- Reordenación y reajuste de las instalaciones para facilitar los movimientos.
 - Sobreprocesamiento

Este despilfarro indica que coexisten los mismos procesos en la misma planta, por lo que siempre se produce más de lo que se requiere. Esto puede ser debido a:

- Aprobaciones redundantes de órdenes o permisos de trabajo.
- Uso inapropiado del software de mantenimiento (ingreso de datos varias veces).
- Errores en los procedimientos de mantenimiento.
- Utilizar operarios no cualificados o pasos repetidos en el proceso productivo.

Identificando procesos, subprocesos y/o pasos innecesarios se pueden rediseñar tareas para que puedan ser más eficientes.

- Inventario

Un típico almacén de inventario de mantenimiento contiene material necesario y material obsoleto o que no se emplea. Incluso hasta partes reutilizables.

Empleando una estrategia efectiva que es la medida que propone el Lean Manufacturing, se eliminarán los desperdicios causados por inventarios obsoletos y confidenciales. También el inventario para una operación de mantenimiento incluye los atrasos de órdenes de trabajo.

Al igual que un inventario físico, demasiado inventario de trabajos de mantenimiento es sinónimo de respuesta lenta, averías inesperadas, y un porcentaje alto de labor reactiva. También pocos inventarios de trabajos de mantenimiento significan planificación y programación ineficiente.

- Movimientos

Los movimientos innecesarios en las operaciones de mantenimiento no agregan valor al resultado. Un ejemplo es buscar una pieza por entre materiales, buscar catálogos de partes, alcanzar herramientas, levantar cajas de partes, inspeccionar un equipo dando vueltas alrededor de este, etc... son actividades que no agregan valor, solo pérdida de tiempo.

Este es un desperdicio relativo al elemento humano. El movimiento cansa, ocupa espacio y tarda tiempo, por lo que cualquier simplificación es un ahorro.

Este desperdicio se puede identificar en:

- Mal diseño del método.
- Disposición de planta deficiente.
- Puesto mal organizado.
- Sobreproducción.
 - Defectos

Consiste en producir partes defectuosas o manejar materiales de manera inadecuada. También se incluye el desperdicio por volver a hacer un trabajo y las pérdidas de productividad asociadas por volver a hacer el trabajo, con lo que se añaden costos y se pone en peligro la calidad del producto o servicio final.

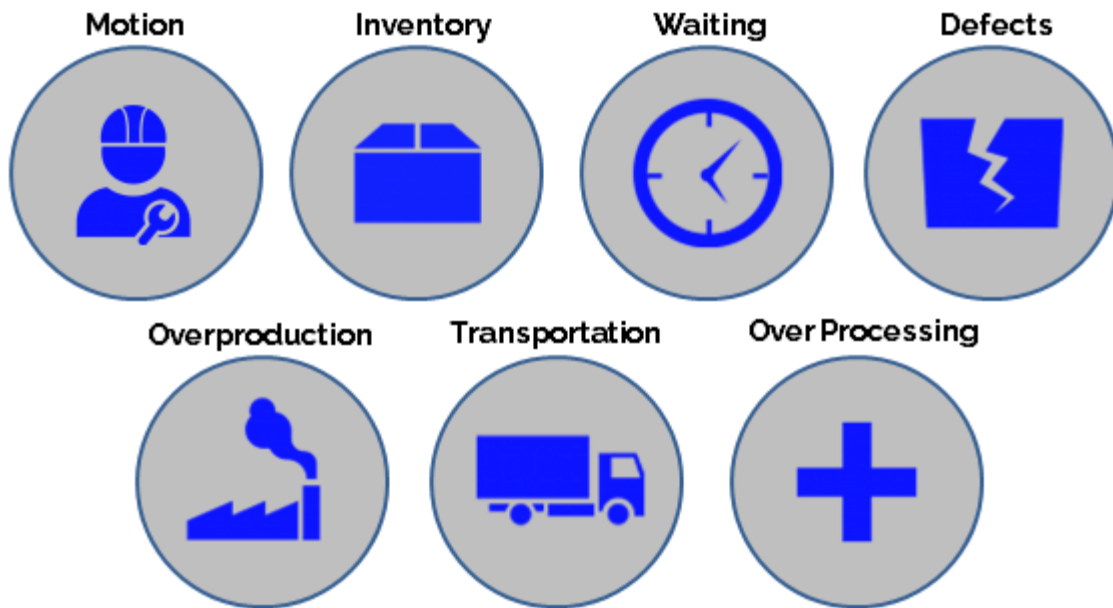
Las causas de este desperdicio en los fallos pueden ser:

- Materiales de compra sin controlar.
- Preventivo deficiente.
- Utillajes inadecuados.
- Sobreproducción.
- Errores en los operarios.

Empleando el Lean Maintenance, se dan una serie de medidas para evitar estos defectos, como son:

- Automatización con toque humano (Jidoka).
- Estandarización de las operaciones.
- Implementación de elementos de aviso o señales de alarma.
- Mecanismos o sistemas anti-error (Poka-Yoke).
- Implantación de mantenimiento preventivo.
- Producción en flujo continuo (eliminación de manipulaciones de las piezas).
- Control visual: Kanban y 5s.
- Mejora del entorno del proceso.

The 7 Wastes of Lean



Las 7 pérdidas del Lean Manufacturing

- **Implantación**

Más allá del poder de estas técnicas, la implementación del Lean Manufacturing debe centrarse en el compromiso de la empresa en invertir en personal y promover la cultura de mejora continua.

Proceder a preparar el área de producción acotada por la empresa para la implementación de las herramientas Lean más oportunas, de acuerdo a las siguientes fases (que se corresponden con los capítulos del trabajo de fin de grado) consistiría en la poner en práctica las siguientes fases de implementación:

- 1. Recogida y análisis de datos.**

El éxito dependerá de la fiabilidad de los datos de partida. Se precisa información sobre los productos (referencias, componentes, cantidades...) y los procesos (operaciones, equipos, capacidad, tiempos...).

Durante este capítulo del trabajo se procederá a describir las características de aquellas secciones productivas objeto de estudio: personal, turnos, maquinaria, almacenes (previos, intermedios y de producto acabado) ...

Posteriormente se procederá a la toma de datos clave del proceso productivo.

2. Diagnóstico de la situación en planta.

Para la implantación de herramientas útiles y necesarias se necesita realizar un diagnóstico sobre las secciones productivas, de cara a identificar aquellas áreas críticas susceptibles de ser modificadas y mejoradas, y las herramientas más oportunas para llevar a cabo la resolución de los problemas.

Dicho diagnóstico se realizará representando toda la información recogida y analizada hasta el momento por medio de una herramienta visual que representa los flujos de materiales y de información del proceso desde el aprovisionamiento hasta el cliente.

3. Diseño del plan de mejora.

De acuerdo con el análisis de los resultados del diagnóstico anterior, se plantearán diversas propuestas de mejora para reforzar los aspectos críticos, así como los objetivos que se pretenden lograr y las medidas específicas que deberán tomarse para alcanzarlos.

4. Implantación del plan de mejora.

Durante este capítulo se procederá a la implantación de algunas de las medidas propuestas a la vista de los resultados del diagnóstico de la planta.

Por limitaciones de tiempo y recursos no todas las medidas propuestas comenzaron a aplicarse durante el transcurso de los dos meses de prácticas, si bien la empresa cuenta con el plan de acción elaborado por el alumno para continuar o iniciar dichas medidas en el momento que estime oportuno.

5. Análisis del impacto en la organización.

El último capítulo consistirá en una previsión de los beneficios que la aplicación de las mejoras propuestas supondrían para la empresa.

Además, se elaborará un presupuesto del coste que supondría llevarlas a la práctica (inversión en reingeniería de proceso y formación del personal), y una estimación de los ahorros en costes futuros que podrían conllevar, para obtener de esta forma una visión más clara y concreta de la idoneidad o no de adoptar las herramientas del Lean Manufacturing en la empresa objeto de estudio.

6. CONCLUSIONES

El mantenimiento industrial es un campo de gran interés en la ingeniería con un ámbito económico importante que justifica el hecho de que los costes en mantenimiento constituyen un amplio porcentaje. En la mayoría de los sectores industriales, el desarrollo de los programas de mantenimiento sobre la actividad en la que se aplica resulta esencial y es uno de los elementos más importantes para tener una competitividad dentro del sector.

Esto quiere decir que el mero hecho de que se produzca una avería no solo recae en la reparación, sino que constituye un sistema de gestión de recursos, una organización que previene y predice las averías, garantizando la disponibilidad, fiabilidad y utilización de las instalaciones, dentro de los criterios de seguridad, calidad y competitividad.

Debido a esto, han surgido una serie de programas de mantenimiento que vienen provocados por una deficiencia sobre manuales y tratados sobre la gestión del mantenimiento. Esto significó una instrucción de ingenieros, directivos y técnicos que desarrollan sus actividades dentro del campo del mantenimiento, todos unidos por la misma causa: un programa de mantenimiento.

Así, tras unas primeras generaciones de mantenimiento, se desarrollan una serie de nuevas técnicas para un mantenimiento avanzado, como son el TPM y el Lean Maintenance:

El TPM (Total Productive Maintenance) o Mantenimiento Productivo Total, son un grupo de herramientas pensadas para realizar mantenimiento preventivo o correctivo a las máquinas por parte de los empleados, ya sean operarios o mantenedores.

El hecho de que se realice la primera reparación, incluso la primera visualización de la avería, por parte del operario, quien conoce mejor la máquina, ayuda a reducir costes y tiempo de reparación, lo que conlleva a un aumento de producción y de dinero a la empresa.

Esta pérdida de tiempo se compagina con un tipo de desperdicio del Lean Manufacturing, donde se habla de que estos desperdicios hay que eliminarlos, ya que son una manera de perder beneficios.

Todo esto tendríamos que hacer una alusión al mantenimiento asistido por ordenador (GMAO), como un elemento necesario para ayudarnos a la cantidad de documentación complementaria a la nueva generación de mantenimientos.

Pero el mayor porcentaje de la aplicación, tanto del TPM, como del Lean, recae sobre el personal de mantenimiento. Una buena actitud sobre la documentación es la parte más importante de la nueva generación de mantenimiento.

7. BIBLIOGRAFÍA

Páginas WEB

- [1] «Aplicación de Lean Manufacturing al control de las revisiones de mantenimiento de aeronaves», Universidad de Madrid, 2013.
- [2] Rivera, «Evolucion del mantenimiento», 2011.
- [3] «Kaizen: Mejora Continua», *Ingeniería Industrial*. [En línea]. Disponible en: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestión-y-control-de-calidad/kaizen-mejora-continua/>. [Accedido: 28-jun-2018].
- [4] Escuela de Organización Industrial, «Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación.» 2013.
- [5] «Los principales objetivos del mantenimiento». [En línea]. Disponible en: <http://www.reporteroindustrial.com/blogs/Los-principales-objetivos-del-mantenimiento+114923>. [Accedido: 28-jun-2018].
- [6] Y. Gonzalez, «MANTENIMIENTO 1: EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO», *MANTENIMIENTO 1*, 28-oct-2011. .
- [7] M. B. Abella, «Mantenimiento Industrial», Carlos III de Madrid, 2015.
- [8] «Mantenimiento Productivo Total», p. 21, 2012.
- [9] Tamara Boronat Soler, «Mejora de la eficiencia en planta a través del mantenimiento», 2014.
- [10] «Metodología de las 5s», *Ingeniería Industrial*. [En línea]. Disponible en: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestion-y-control-de-calidad/metodologia-de-las-5s/>. [Accedido: 27-jun-2018].
- [11] «TPM is a Process for Improving Equipment Effectiveness | Lean Production». [En línea]. Disponible en: <https://www.leanproduction.com/tpm.html>. [Accedido: 27-jun-2018].

Libros:

- [1] Francisco Rey Sacristán, «El Automantenimiento en la empresa». Editorial: FC Editorial.
- [2] Francisco Javier González Fernández, «Teoría y práctica del: Mantenimiento Industrial Avanzado». Editorial: FC Editorial. 2003.

[3] Gancedo Elías, Daniel, «Mantenimiento productivo total : aplicación a una central termo-eléctrica». 1996.

[4] Manuel A. Castro Hermida, «Los tres caminos para conseguir la excelencia en operaciones: Seis Sigma, Lean Manufacturing y TOC». 2005.