



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO

LICENCIATURA DE INGENIERO EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

**Optimización de los procesos de manufactura usando
prospectiva de *Lean Manufacturing***

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA

DULCE MARÍA BENÍTEZ FLORES

DIRECTOR DE TESINA

M. EN A. AMADOR HUITRÓN CONTRERAS

TIANGUISTENCO, MÉX. JUNIO 2014

DEDICATORIAS

Esta tesina va dedicada a varias personas, las cuales han dejado el legado de su personalidad en mí, pues siempre me han apoyado a progresar en mi ámbito profesional y humano.

A mi mamá por todo su inmenso apoyo y fortaleza que me ha brindado a lo largo de toda mi vida profesional y humana, siendo impulso en el final de estos estudios, apoyándome con palabras de aliento en los momentos buenos y malos.

A mi papá por su impulso de seguir adelante y del cual yo pudiera culminar estos estudios, la persona que siempre me ha apoyado en momentos difíciles, y me enseñó que la vida no es difícil si no es como uno la ve.

A mis hermanos por tenerlos a mi lado en los momentos difíciles que a pesar de sus reacciones conmigo siempre me han brindado consejos para no dejarme vencer en esta vida y siempre luchar por mis anhelos.

A mi esposo Christian Castro Gómez por su inmenso amor y apoyo, por sus palabras de ánimo y siempre estar conmigo a lo largo de esta carrera de estudios y de vida. Por el tiempo que me dedica y sobresa conmigo los problemas de la vida. Gracias Christian por nunca dejarme sola y sobresalir conmigo en todo problema. Te amo.

A mi familia en especial a mis abuelitos Pascuala Soriano (†) y Juan M. Flores Miranda (†) que me vieron crecer, cuidar y es por ello que ahora estoy aquí. Por estar conmigo cuando más los necesitamos, por sus palabras de ánimo a seguir adelante a pesar de las adversidades, doy gracias a toda mi familia y mis abuelitos que aún están aquí conmigo por su inmenso apoyo y amor que siempre he tenido.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por el don de la vida que me ha dado, dándome siempre la fuerza de vencer los obstáculos de la vida, por la salud y la familia que me ama y sobre todo por haberme dado la dicha de terminar mi carrera.

A mi familia que jamás me ha dejado sola y siempre ha confiado en mí, a pesar de las dificultades que se me han presentado.

Al Maestro Amador Huitrón Contreras asesor de tesina, la persona que me ha brindado sus experiencias profesionales como un impulso a seguir a delante y nunca dejarme vencer a pesar de las situaciones más complicadas. Al igual que brindándome su amistad como como un amigo.

A mis asesores por el apoyo que me han brindado, su paciencia y consejos que me dieron en este transcurso de la carrera.

A mis maestros y maestras que gracias a ellos he tenido la dicha de ir aprendiendo día a día tanto en la vida profesional como personal, y que depende de cada uno de nosotros llegar a la cima.

A mis amigos y compañeros en esta etapa de estudios que fuimos colegas, por su amistad, comprensión y dudas que teníamos que resolver juntos y salir siempre adelante.

A mis suegros que me alentado a seguir adelante a pesar de las dificultades, y por su inmenso apoyo que nos han dado a mi esposo y a mí.

PROLOGO

En la presente tesina se muestran tendencias acerca de la filosofía de *Lean Manufacturing* (Manufactura esbelta) debido, a que hemos podido apreciar que esta filosofía es de gran importancia para las organizaciones que desean mejorar sus procesos productivos, el producto final, eliminar fallas en sus procesos, evitar los desperdicios y sobre todo evitar las fallas de los equipos.

Se escogió este tema, ya que varias empresas han optado por ser mejores y más competitivas en el mercado. Su filosofía y sus herramientas se han utilizado en los departamentos de la organización llevando así la mejora continua.

El propósito fundamental de este trabajo es resaltar los beneficios que genera la implementación de los principios de la filosofía del *Lean Manufacturing*, El trabajo toma en cuenta los siguientes aspectos para la implementación

- Una gestión en la adquisición de los recursos materiales,
- Desarrollo del personal
- El adecuado aprovechamiento de los equipos

Sin embargo es importante destacar la labor del personal, ya que ellos toman un papel significativo al generar ideas que permiten mejorar los procesos, así como el correcto aprovechamiento de los recursos.

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una presentación general del concepto de la filosofía de *Lean Manufacturing* (Manufactura esbelta), su funcionamiento, sus características así como sus herramientas; 5 S, SMED, Poka Yoke, Kanban, Kaizen y Mantenimiento Productivo Total. La importancia de esta filosofía es que es un conjunto de herramientas que le permiten a la organización usarla como guía para el mejoramiento continuo de sus procesos, dado en cualquier organización así como en nuestras vidas y lo único permanente es el cambio.

El *Lean Manufacturing* es una filosofía que propone obtener mayores beneficios utilizando menos recursos, es decir tanto los recursos humanos y materiales se ocupen adecuadamente en tiempo y forma. Esta filosofía se ha aplicado a una gran variedad de sectores industriales entre ellos el automotriz, de donde tiene sus orígenes y en la cual ha tenido un mayor éxito en su desarrollo.

Con el desarrollo de esta tesina se pretende generar propuestas para la implementación de la filosofía de *Lean Manufacturing* así como la herramienta del TPM (Mantenimiento productivo total), la cual es ampliamente usada en áreas productivas, cuyo propósito es el de incrementar la disponibilidad de la maquinaria, equipo de producción y los beneficios económicos de las organizaciones.

ACRÓNIMOS

Acrónimo	Definición
ETPM	Eficiencia del mantenimiento productivo total
Ege	Efectividad global del equipo
Er	Eficiencia del rendimiento
Tcp	Tasa de calidad de productos
5 ´S	Seiri (Separar)
	Seiton (Simplificar)
	Seiso (Limpiar)
	Seiketsu (Estandarizar)
	Shitsuke (Sostener)
SMED	Intercambio rápido de herramientas
TPM	Mantenimiento productivo total
Kanban	Tarjeta o registro visible

ÍNDICE DE FIGURAS	Pág.
FIGURA 1. EJEMPLO DE TARJETA ROJA.....	25
FIGURA 2. EJEMPLO DE ORDENAR	26
FIGURA 3. EJEMPLO DE LIMPIAR [2].....	26
FIGURA 4. EJEMPLO DE ESTANDARIZAR [2].....	27
FIGURA 5. HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO [3]	29
FIGURA 6. EJEMPLO SMED [3].....	32
FIGURA 7. EJEMPLOS DE DISPOSITIVOS POKA YOKE	38
FIGURA 8. KANBAN DE PRODUCCIÓN [3]	43
FIGURA 9. KANBAN DE RETIRO [3].....	43
FIGURA 10. KANBAN DE PROVEEDOR [3]	44
FIGURA 11. EVOLUCIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL [8].....	55
FIGURA 12. OBJETIVOS PRINCIPALES DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL [3].....	57
FIGURA 13. ESQUEMA PARA EL CÁLCULO DE LA EFECTIVIDAD DEL TPM [6].....	77
FIGURA 14. COSTE DEL MANTENIMIENTO [7].....	81

ÍNDICE DE TABLAS	Pág.
TABLA 1. TIEMPO DE PRODUCCIÓN DISPONIBLE.....	15
TABLA 2. CATORCE PRINCIPIOS DE LEAN MANUFACTURING [7].....	19
TABLA 3. PASOS EN UN PROCESO DE PREPARACIÓN DE MÁQUINA [3].....	33
TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS [6].....	60
TABLA 5. ETAPAS DEL TPM [4]	68
TABLA 6. TABLA DEL FACTOR DE EFECTIVIDAD FRENTE A LAS SEIS GRANDES PERDIDAS [5]	73

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN A LA FILOSOFÍA DE LEAN MANUFACTURING	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3 OBJETIVO.....	5
1.4 CONTRIBUCIÓN.....	6
1.5 ESTRUCTURA	7
1.6 REFERENCIAS	8
CAPITULO 2 NOCIONES GENERALES DE LEAN MANUFACTURING	9
INTRODUCCIÓN.....	9
2.1 CONCEPTOS BÁSICO DE LEAN	9
2.1.1 Manufactura.....	10
2.2 MANUFACTURA Y PRODUCTIVIDAD	10
2.2.1 Valor Agregado.....	11
2.2.2 Desperdicio.....	11
2.3 LOS 7 TIPOS DE DESPERDICIOS COMUNES QUE SURGEN EN LAS EMPRESAS	12
2.4 TAKT TIME	14
2.4.1 Como se calcula el Takt time	15
2.5 CONCEPTOS DE LEAN MANUFACTURING	16
2.6 HISTORIA DE LEAN MANUFACTURING	17
2.7 LOS 14 PRINCIPIOS DE LEAN MANUFACTURING	19
2.8 OBJETIVOS DE LEAN MANUFACTURING	20
2.9 REFERENCIAS	22
CAPITULO 3 HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING	23
INTRODUCCIÓN.....	24
3.1 HERRAMIENTAS DE LAS 5´S.....	23
3.2 TRABAJO ESTANDARIZADO	28
3.2.1 Balanceo de línea	31
3.3 SMED (INTERCAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS).....	31
3.3.1 Cómo se realiza SMED.....	32
3.3.2 Como se aplica SMED.....	33
3.4 POKA YOKE.....	35
3.4.1 Tipos de medidores de Poka Yoke	36
3.4.2 Los 8 principios de mejora básica para el poka yoke y el cero defectos. (Hirano, 1988)	37
3.4.3 Ejemplos de dispositivos Poka Yoke.....	38
3.5 KANBAN.....	39
3.5.1 Información necesaria de una etiqueta Kanban	40

3.5.2 Clases de Kanban.....	42
3.5.3 Reglas de Kanban	44
3.5.4 Ventajas del sistema Kanban.....	45
3.6 KAIZEN	46
3.6.1 Objetivo Kaizen.....	47
3.6.2 Beneficios Kaizen	47
3.7 REFERENCIAS	49
CAPITULO 4 PRODUCTIVIDAD Y TPM	50
INTRODUCCIÓN.....	51
4.1 QUE ES LA PRODUCTIVIDAD	50
4.2 QUE ES UN PROCESO DE MANUFACTURA	51
4.3 PUNTOS CLAVE DE LA PRODUCTIVIDAD	51
4.4 LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	52
4.4.1 Que es mantenimiento	52
4.4.2 Qué es tpm	53
4.4.3 Evolución del mantenimiento productivo total	54
4.4.4 Características del tpm	56
4.4.5 Objetivos del tpm	57
4.4.6 Metas del tpm	58
4.4.7 Las Seis Grandes Pérdidas del TPM.	59
4.4.8 Beneficios del tpm.....	62
4.5 REFERENCIAS	65
CAPITULO 5 PROCESO DEL TPM	66
INTRODUCCIÓN.....	67
5.1 RAZONES PARA IMPLEMENTAR EL TPM	66
5.2 ETAPAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	67
5.2.1 Fase de preparación	69
5.2.2 Fase de Introducción	72
5.2.3 Fase de implantación.....	72
5.2.4 Fase de consolidación	76
5.3 EJEMPLO PARA EL CÁLCULO DE EFECTIVIDAD DEL TPM.....	77
5.4 REFERENCIAS	83
CAPITULO 6 CONCLUSIONES	84
6.1 CONCLUSIONES.....	84
6.2 TRABAJOS FUTUROS.....	85
GLOSARIO.....	87

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN A LA FILOSOFÍA DE LEAN MANUFACTURING

Las empresas de manufactura están siendo presionadas por sus clientes, con requerimientos de rapidez en tiempos de entrega, desarrollo e innovación de nuevos productos, entregas de lotes pequeños más frecuentes [1]. Es por ello que las empresas deben actualizar sus procesos disminuyendo así tiempos que no agreguen valor al producto y que el cliente no está dispuesto a pagar.

El *Lean Manufacturing* tiene por objetivo la eliminación del desperdicio de actividades y recursos materiales, mediante la utilización de una colección de herramientas como: Mantenimiento Productivo Total (TPM), 5S, SMED, Kanban, etc., que se desarrollaron fundamentalmente en Japón. Los pilares del *Lean Manufacturing* son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del desperdicio, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios [2].

Cuando una empresa habla de productividad directamente se piensa que esta sujeta con el adecuado funcionamiento de las máquinas y la asignación correcta de los materiales que se utiliza con respecto a la cantidad.

Como se menciona anteriormente, *Lean Manufacturing* es una colección de herramientas que guían a una organización a eliminar lo que no agrega valor en el proceso o en el producto y que el cliente no está dispuesto a pagar, de esta manera estas herramientas como el TPM (Mantenimiento productivo total), ayuda a eliminar desperdicios en las máquinas de los procesos productivos.

La producción de lean manufacturing se basa también en la lógica de que no se va a producir nada hasta que se necesite [3]. Es decir solo producir lo necesario cuando el cliente lo está solicitando, jalar la demanda del cliente cuando este lo solicite.

Por otra parte, se hablara de las herramientas de lean manufacturing así como los beneficios que se obtienen al implementarlas, un ejemplo de ello es que los operadores tienen la libertad de parar la línea y resolver los problemas que surgen durante la producción, ya no tienen que esperar a que el supervisor les diga lo que tienen que hacer [4].

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la mayoría de empresas desean aumentar su competitividad en los mercados cada vez más extensos, dinámicos y exigentes con el fin de emplear adecuadamente los recursos y reducir sus costos de producción, por esta razón es adecuado tener la información necesaria para realizar esto. Sin embargo la reducción de costo se deriva de actividades redundantes que consumen tiempo y no agregan valor al producto final.

La producción esbelta, también conocida como Sistema de producción *Toyota*, quiere decir hacer más con menos – menos tiempo, menos espacio, menos esfuerzos humanos, menos maquinaria, menos materiales-, siempre y cuando se le esté dando al cliente lo que desea [5].

Algunos obstáculos que han afectado muy significativamente el desempeño de las organizaciones son la resistencia al cambio por parte de la gente, las deficiencias para reconocer rápidamente las amenazas competitivas.

Las empresas de manufactura están siendo presionadas por sus clientes con requerimientos de rapidez en tiempos de entrega, desarrollo e innovación de nuevos productos, entregas en lotes pequeños más frecuentes y con mayor variedad de productos, cero defectos en calidad y mayor confiabilidad [6].

Las empresas que aún no han implementado la filosofía de *Lean Manufacturing*, tienen contratiempos con respecto a sus productos, sus procesos, el mantenimiento que se les debe dar a los equipos de producción, y más que nada retrasos de tiempo con sus clientes y proveedores.

Por otra parte hablaremos del mantenimiento industrial, un factor muy importante dentro de las industrias y que muchas veces es poco valorado, debido a que algunas empresas optan por no incluir este aspecto en sus presupuestos, ni cuentan con el personal capacitado para realizar dichas actividades. Pues una maquina puede ser tan perfecta con respecto a su diseño y características, pero si la lubricación no es la apropiada o se encuentra en malas condiciones, la capacidad

del equipo se encuentra debajo de los estándares permitidos y puede ser causa de la mala calidad de los productos. Es de ahí la gran importancia del mantenimiento industrial.

Las empresas deben asignar 30% de su facturación anual para labores de mantenimiento, esto para mantener la productividad de los equipos y para evitar posibles incidentes. Sin embargo asignan en promedio sólo 5% de sus ganancias en este rubro, dijo Julio César Morales (director de la División de Ingenierías de la Universidad del Valle de México (UVM) Campus Lomas Verdes.). Al decir de esto, el asignar un presupuesto a las labores de mantenimiento puede resultar un gasto innecesario, pero a la larga resulta más caro no realizarlo [7].

1.3 OBJETIVO

Objetivo general

- Analizar los beneficios que obtiene una organización industrial con la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing*, como punto de referencia en la mejora de sus procesos, eliminación de desperdicios, mejora de la calidad de sus productos y minimizar los tiempos de espera.

Objetivos específicos

- Comparar las herramientas de *Lean Manufacturing* que son ocupadas dentro de una organización, permitiendo generar soluciones a los problemas que se presentan día a día.
- Guiar propuestas y pasos para la optimización de recursos con base en el fundamento de *Lean Manufacturing* y sus herramientas.

1.4 CONTRIBUCIÓN

Con el presente trabajo se pretende realizar una guía para la implementación de la filosofía de *Lean Manufacturing*, analizando cada una de sus herramientas con el fin de mejorar continuamente los procesos productivos.

Con base a esto se sugiere que se implemente la herramienta de TPM con el objetivo de eliminar tiempos muertos, producto no conforme, reducir tiempos de paro, transporte y movimientos innecesarios de los materiales, disminuir o eliminar los despilfarros, cuya finalidad es la de mejorar la calidad de los productos procesados, contar con el nivel de inventario óptimo, incrementar la productividad, satisfacer las necesidades del cliente con el producto deseado en tiempo, forma, y calidad requerida, todo esto mediante la introducción de las herramientas que conforman la filosofía del *Lean Manufacturing*.

1.5 ESTRUCTURA

La estructura de este trabajo se presenta a continuación:

Capítulo 1. Se presenta el planteamiento del problema, objetivos, contribución, así como la estructura del presente trabajo con el fin de conocer sobre el tema.

Capítulo 2. Se mencionan los antecedentes, los 7 desperdicios, los objetivos y el concepto de Lean Manufacturing que actualmente se ocupan para hacer más eficiente a una organización.

Capítulo 3. Se toman en cuenta las principales herramientas que conforman la filosofía de Lean Manufacturing, así como sus respectivos pasos de cada una de estas para llevar a cabo un proceso productivo, la calidad requerida, tiempo adecuado y el manejo de material con personas capacitadas.

Capítulo 4. Se aborda una de las herramientas de Lean Manufacturing, el TPM (Mantenimiento productivo total) en el cual se presentan sus características, su evolución, los objetivos, las seis grandes pérdidas, las metas a las cuales se debe llegar con base a la filosofía de Lean Manufacturing.

Capítulo 5. Se presentan propuestas de cómo llevar a cabo la implantación de la herramienta TPM que se puede emplear en una planta con fines de mejoramiento continuo.

Capítulo 6. Se describen las conclusiones generales del trabajo, cuando se implementan las herramientas de Lean Manufacturing en una empresa.

1.6 REFERENCIAS

- [1] P. Reyes Aguilar, «Manufactura delgada (Lean) y Seis Sigama en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones,» *Redalyc*, nº 205, pp. 51-69, 2002.
- [2] M. Rajadell y J. L. Sanchez, *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*, S.L.: DIAZ DE SANTOS, 2010.
- [3] R. B. CHASE, F. R. JACOBS y N. J. AQUILANO, *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*, México: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA, 2009.
- [4] I. Rodríguez, «Metodologías para incrementar productividad,» *Manufactura*, 2013.
- [5] A. Villaseñor Contreras y E. Galindo Cota, *Manual de Lean Manufacturing. Guía básica*, Monterrey: LIMUSA, 2009.
- [6] P. Reyes Aguilar, «Manufactura delgada (Lean) y seis sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones,» *Contaduría y administración (Redalyc)*, nº 205, pp. 51-69, 2002.
- [7] I. Rodríguez, «Manufactura,» *Manufactura*, 07 Febrero 2013.

CAPITULO 2 NOCIONES GENERALES DE LEAN MANUFACTURING

INTRODUCCION

La filosofía de lean manufacturing con respecto a sus herramientas ha tenido gran impacto en las empresas que la implementan. La filosofía lean manufacturing incide sobre la sobreproducción, esperas, inventario, transporte, defectos, desperdicio de procesos, movimientos innecesarios y subutilización de la capacidad de los empleados [1].

Para lograr la productividad es necesario eliminar los desperdicios que se generan en la empresa. Usar adecuadamente los recursos materiales, humanos y financieros conlleva a tener menos desperdicios. En este capítulo se hablara de los conceptos de manufactura y productividad, así como la historia y objetivos de lean manufacturing.

2.1 CONCEPTOS BÁSICO DE LEAN

Los principios básicos del *lean manufacturing* se clasifican de acuerdo a los términos y definiciones que involucra la implementación así como su desarrollo en una empresa.

A continuación se describen los siguientes términos y definiciones:

2.1.1 Manufactura

La Real Academia Española, menciona que manufactura es una obra hecha a mano o con auxilio de una máquina, es decir que para poder tener un producto terminado se necesita de la mano de obra o si es el caso de una maquina dependiendo de las características del producto terminado.

De igual manera, la manufactura en un sentido más amplio, es el proceso de convertir la materia prima en productos. Incluye el diseño del producto, la selección de la materia prima y la secuencia de procesos a través de los cuales será manufacturado el producto. Por consiguiente, se dice que cada producto que tenemos a nuestro alrededor tuvo una transformación como: una pluma, un reloj, una calculadora, las mesas, las computadoras, entre otros objetos que nos rodea y que nos ayuda a realizar nuestra labor o simplemente nos permite sentirnos cómodos. Por consiguiente, se dará cuenta que todos estos objetos que por naturaleza tenían otra forma diferente, fueron transformados a partir de una gran variedad de materias primas y ensamblados con distintos componentes para poder tener la forma con la que se venden.

2.2 MANUFACTURA Y PRODUCTIVIDAD

Para lograr la mejora continua es necesario eliminar el desperdicio, es decir la búsqueda de la productividad, que se puede definir como la capacidad en que están disponibles los recursos en la empresa: humanos, naturales, financieros, y tecnológicos que intervienen en los procesos productivos, para obtener bienes y servicios que satisfacen las necesidades de los clientes, de forma que mejore el nivel de vida de una persona.

Pues con ello es necesario tener en cuenta como se están aprovechando los recursos y de este modo se toma en cuenta el cómo medir la productividad, y esto se obtiene mediante la relación entre las unidades producidas y los insumos involucrados para un proceso específico, como se muestra en la ecuación 1 [2] .

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producto}}{\text{Insumo}} \quad (1)$$

Con respecto a lo anterior se dice que la productividad aumenta cuando hay una reducción de los insumos.

2.2.1 Valor Agregado

Cuando se aplica el Sistema de producción Toyota, se inicia examinando los procesos de manufactura desde el punto de vista del cliente. La primera pregunta en este sistema de producción siempre es “¿Qué es lo que el cliente espera de este proceso?” (Tanto para el cliente del siguiente proceso dentro de la línea de producción, como para el cliente externo). Esto se define como valor. A través de los ojos del cliente, puede observarse un proceso y separar los pasos que agregan valor de los que no contribuyen al proceso. Se puede aplicar a cualquier proceso (manufactura, información o servicio) [3] .

El punto es minimizar el tiempo que se gasta en operaciones que no agregan valor mediante el acomodo de herramientas, equipos y materiales tan cerca como sea posible dentro del proceso.

Después de conocer que es lo que agrega valor al producto o servicio podemos pasar a ver que es el desperdicio.

2.2.2 Desperdicio

Toyota ha identificado siete tipos de desperdicios que no agregan valor al proceso de manufactura, los cuales son: sobreproducción, espera, transporte innecesario, sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto, inventarios, movimiento innecesario y productos defectuosos y retrabajos. El objetivo primordial de la manufactura esbelta es minimizar el desperdicio. Ya que, el desperdicio es un factor

que muchas empresas quieren evitar y que le denominan como *muda* (palabra japonesa cuyo significado es desperdicio), al incluir todo aquello que no agrega valor y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar [3].

2.3 LOS 7 TIPOS DE DESPERDICIOS COMUNES QUE SURGEN EN LAS EMPRESAS

El sistema *Lean* ha identificado a través del tiempo siete desperdicios los cuales no agregan valor al proceso para un determinado producto, las cuales se mencionan a continuación [4]:

1. *Sobreproducción*. No se debe producir artículos para los que no existan órdenes de producción. El producto solo se debe elaborar cuando el consumidor lo requiera.

Este desperdicio origina material procesado el cual no existe una orden de producción, lo que ocasiona que se tengan costos correspondientes al almacenamiento del producto, se incrementa el inventario así como los costos de mantenerlo. El producto solo debe ser procesado cuando el cliente lo requiera, es decir es el cliente quien jala la cantidad de producto requerido.

2. *Espera*. Se debe evitar que los operadores esperen observando las máquinas para trabajar (debido a la falta de mantenimiento), o esperen la entrega de recursos como herramientas, materiales, partes, o las operaciones que deben realizar en el proceso en cuanto a la orden de producción. Todo esto causa un tiempo que no agrega valor al proceso. Es aceptable que la maquina espere al operador, pero no a la inversa.

3. *Transportes innecesarios.* Todos los recorridos innecesarios durante el proceso de producción se deben minimizar o eliminar.

Es decir cuando las herramientas, materiales, información o partes no son requeridos en el área de producción, esto se debe minimizar o eliminar ya que causa un sobre-utilización de mano de obra, transportación y energía. De esta manera ocasiona que las herramientas y materiales se encuentren en desorden y las maquinas no tengan un lugar de ubicación para la operación.

4. *Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto.* Tanto el responsable de producción como los operadores deben tener claridad en conocer muy bien los métodos de trabajo y los requerimientos de los clientes, ya que si no se conocen estos requerimientos se realizan procesos innecesarios los cuales agregan costos en la producción.

5. *Inventarios.* Se hace referencia al material que es acumulado en el lugar de trabajo, entre los procesos o referido como producto final el cual debería ser entregado al cliente. Cuando se tiene exceso de materia prima, inventarios y de producto terminado causan largos tiempos de entrega, desperfecto de productos, costos por transportación, almacenamiento y retrasos [3].

Estas causas permiten que el inventario oculte producción desnivelada, las entregas de los proveedores no sean a tiempo, defectos, tiempos ociosos de los equipos sin olvidar que se tiene que ocupar personal para cuidarlo, controlarlo y entregarlo cuando el cliente lo requiera.

6. *Movimientos innecesarios.* Cualquier movimiento innecesario realizado por el personal durante su actividad en el proceso como observar, acumular partes, herramientas, etc., pueden ser un desperdicio ya que el personal absorbe tiempo que es requerido en el proceso en dichas actividades no necesarias.

Una mala postura ergonómica del personal hace que se realicen movimientos innecesarios y por esta razón se debe tener las herramientas en un lugar adecuado para que el personal ahorre energía y tiempo para tomarlas.

7. *Productos defectuosos o retrabajos.* Al producir un artículo defectuoso conlleva a reparaciones, reproceso y reemplazos en la producción e inspección. A esto debe sumarse servicios de herramienta, servicios técnicos, lo cual puede ocasionar que los clientes no estén satisfechos con el producto terminado y rompan vínculo con la empresa lo que provocaría una disminución de ventas. Estas actividades exigen tiempo y dedicación que pueden ser utilizados en otras actividades que agreguen valor al producto y que el cliente principalmente esté dispuesto a pagar por productos de buena calidad.

2.4 TAKT TIME

El *takt time* se define como la demanda del cliente traducida en minutos o segundos y es el indicador para producir. Marca el ritmo de producción y controla la sobreproducción y los inventarios en procesos [5].

Para que una empresa se mantenga en el mercado y más que nada continúe siendo competitiva, debe innovar sus procesos para satisfacer la demanda del cliente sobre un determinado producto o servicio. Más aún puede seguir existiendo si entiende la demanda del cliente, características de calidad, tiempos de entrega y precios.

Llevar a cabo el *takt time* representa que debe estar sincronizada la producción y las ventas, la cual es una de las metas de *Lean Manufacturing*.

2.4.1 Como se calcula el Takt time

El *takt time* se calcula dividiendo el tiempo de producción disponible (o tiempo disponible de trabajo por turno) entre la cantidad total requerida (o la demanda del cliente por turno). El takt time se calcula en unidades de tiempo, tomando en cuenta que los segundos son los más utilizados [3].

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}} \quad \circ \quad \frac{\text{Tiempo de trabajo por turno}}{\text{Demanda del cliente por turno}}$$

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo}}{\text{Volumen}}$$

Ejemplo: Suponiendo que un proceso de manufactura tenga 9.6 horas disponibles en el día. De ese tiempo se tiene que eliminar el tiempo en que, normalmente, se detiene el proceso (desayunos, descansos, comida, etc.); entonces se tiene que el tiempo de producción disponible como se muestra en la tabla 1 es:

Tabla 1. Tiempo de producción disponible

Tiempo de producción disponible	9.6 horas x 60 minutos = 576 minutos
Descanso	10 minutos
2 comidas	30 minutos
Junta	10 minutos
Tiempo perdido =	50 minutos

Se dice entonces que: 576 minutos – 50 minutos = 526 minutos

$$526 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos} = 31,560 \text{ segundos}$$

Para este proceso, el cliente está demandando 2,000 unidades por día. Por lo tanto, el *takt time* se calcula:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}} = \frac{31,560 \text{ segundos}}{2,000 \text{ unidades}}$$

Takt time = 15.78 segundos por unidad.

Es decir que el cliente está comprando este producto a un ritmo de una unidad cada 15,78 segundos. Este es el ritmo por el cual se debe manejar para este producto y así alcanzar las metas.

Puntos clave para realizar un proceso con takt time:

- Proveer rápida respuesta (dentro del takt time) a los problemas que se presenten en las áreas de producción y de apoyo.
- Eliminar las causas de los tiempos caídos o fallas no programadas

2.5 CONCEPTOS DE LEAN MANUFACTURING

¿Qué es *Lean Manufacturing* / Manufactura Esbelta? Existen varias definiciones lo que a veces se crea confusiones conceptuales del tema.

Entendemos por *Lean Manufacturing* como un conjunto de herramientas y técnicas que busca la mejora continua en el proceso mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro como todas aquellas actividades que no agregan valor al producto y las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. El sistema de producción Toyota (también llamado producción ajustada), puede considerarse como el conjunto de herramientas que fueron desarrolladas en Japón tomadas de los principios de William Edwards.

También implica flexibilidad, que es la capacidad que tienen las organizaciones para dar respuesta rápida a los cambios del mercado a nuevas situaciones.

El término *Lean* fue conceptualizado por un grupo de investigadores de *Massachusetts Institute of Technology* [1], para analizar los métodos de manufactura a nivel mundial de las empresas automotrices. El grupo destacó las ventajas de manufactura del mejor fabricante en su género (la empresa automotriz japonesa Toyota) y acuñó el término *Lean Manufacturing* al conjunto de métodos que había utilizado desde la década de los años sesenta y que más adelante se afinó en la década de los setenta con la colaboración de *Taiichi Ohno* y *Shingeo Shingo*, con el objetivo de disminuir el uso de recursos para satisfacer al cliente.

2.6 HISTORIA DE LEAN MANUFACTURING

Todo comienza con la compañía automovilística *Toyota*, la cual se originó en Japón en 1937, cuando la familia *Toyoda* opta por cambiar el negocio de sector textil por el sector automovilístico. En esa época el mercado automovilístico estaba regido por los dos grandes de Estados Unidos, *Ford* y *General Motors (GM)*, por lo que *Toyota* tenía el reto de enfrentarse a estas dos potencias de este sector. Para buscar el nombre adecuado y apropiado del apellido *Toyoda* (en japonés significa “abundante arroz”) en 1936 se aplicó una encuesta, y como resultado se eligió el nombre de *Toyota* que en japonés no tiene ningún significado, esto se realizó con el fin de representar a la familia que había generado este sistema de producción más eficiente [1].

Después de la segunda guerra mundial se produjo una gran expansión de las organizaciones de producción en masa, en parte alentada por la política exterior norteamericana, que respondía a criterios economicistas de aumento de la demanda agregada y la estabilidad de sus mercados [6], tras esta economía exterior la competencia era demasiado fuerte lo que llevó al gobierno japonés prohibir las inversiones extranjeras al país.

Con las restricciones y la flexibilidad de los equipos con que tenía la empresa, Taiichi Ohno ((1912-1990); Ingeniero creador del sistema de producción justo a tiempo dentro del sistema de *Lean Manufacturing*) [1] se dedicó a desarrollar

nuevos enfoques en la producción puesto que ya conocía las debilidades de producir en masa y tomaba en cuenta que al tener una producción artesana no convenía cuando la producción era en altos volúmenes. Más tarde, con años de esfuerzo, labor y aprendizaje dio como surgimiento el Sistema de Producción *Toyota*.

En 1955 fue contratado como consultor Shingeo Shingo, quien desarrolló el cambio de herramienta en un minuto (*SMED*), lo cual los tiempos de cambio de herramienta en la máquina se realizaban más rápido y esto le permitió producir una mayor variedad de productos en lotes pequeños.

Toyota creó una cultura hacia sus trabajadores para trabajar en equipo, de esta forma los trabajadores fueron agrupados en equipos para realizar un conjunto de actividades del proceso y teniendo respectivamente a un líder de equipo, ya que con esto ellos daban propuestas para mejorar el proceso, como una mejora continua de las actividades que realizaban, a lo cual se le denominó “*Kaizen*” (mejoramiento continuo en todas las áreas; también se refiere a la creación de un proceso en el que existe mayor valor agregado y menor desperdicio) [5].

En 1973 cuando surge la crisis petrolera y *Toyota* se destacaba por encima de las demás compañías, el gobierno japonés intenta copiar el modelo y pasarlo a las demás empresas [4].

Sin embargo, fue hasta 1990 cuando se conocen realmente las claves del éxito del Sistema de Producción *Toyota*. En los Estados Unidos, de 1985 a 1990, unos investigadores del *Massachusetts Institute of Technology* llevaron un extenso estudio sobre la evolución del sector automovilístico a nivel mundial. James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos, decidieron ponerle el nombre de Lean Manufacturing (Lean significa magro, esbelto) para referirse al SPT (Sistema de Producción *Toyota*), ya que éste utiliza menos de todos los recursos para obtener los productos. Escribieron el libro “*The machine that changed the world*” donde relatan las diferencias entre el sistema de producción masa y el SPT [1].

2.7 LOS 14 PRINCIPIOS DE LEAN MANUFACTURING

Al momento de hablar de *Lean*, inmediatamente se piensa en Toyota, y su gran éxito. Es por esta razón que muchas empresas han querido implementar su modelo: TPS (Sistema de producción Toyota) o el modelo *Lean*, pero pocas lo han logrado.

De este modo, en este capítulo se hablarán de los 14 principios que Toyota ha seguido para lograr un resultado con base a la filosofía Lean [7].

Los principios en los que se basa esta filosofía se mencionan en la tabla 2.

Tabla 2. Catorce principios de lean manufacturing [7]

Concepto	Principios	Base
Filosofía (pensamiento a largo plazo)	Principio 1	Base sus decisiones administrativas en una filosofía a largo plazo, aun a costa de lo que suceda con los objetos financieros a corto plazo.
Proceso (eliminación de los despilfarros)	Principio 2	Cree procesos en los flujos continuos para que los problemas salgan a la superficie.
	Principio 3	Utilice sistemas <i>pull</i> (jalar) para evitar que se realice una sobreproducción.
	Principio 4	Nivele la labor de trabajo
	Principio 5	Fomente una cultura en la gente para que detecte los problemas, para tener la calidad a la primera.
	Principio 6	Estandarice tareas y procesos son el cimiento de una mejora continua y la autonomía del empleado.
	Principio 7	Utilice el control visual para evitar que se oculten los problemas.
	Principio 8	Utilice tecnología confiable para que ayude al proceso y al operador, y no para reemplazarla

Gente y socios (respeto, retos y continua evolución)	Principio 9	Desarrolle líderes que comprendan el trabajo, vivan la filosofía y le enseñen a los demás.
	Principio 10	Desarrolle personas y equipos excepcionales que sigan la filosofía de la empresa.
	Principio 11	Respete a su red de socios y proveedores, retándolos a mejorar.
Resolución de problemas (mejora continua y aprendizaje)	Principio 12	Ve a ver por ti mismo para comprender la situación
	Principio 13	Tome las decisiones lentamente considerando todas las opciones posibles y actúe rápidamente.
	Principio 14	Conviértase en una organización que aprenda mediante la reflexión constante (HANSEI) y la mejora continua (KAIZEN).

2.8 OBJETIVOS DE LEAN MANUFACTURING

La filosofía *Lean Manufacturing* tiene como objetivo ayudar a eliminar todas aquellas actividades que no agreguen valor al producto y a los procesos, reduciendo o eliminando toda variedad de desperdicios, más que nada mejorando las operaciones en un ambiente de respeto al operador.

El objetivo principal de *Lean Manufacturing* es el mejoramiento continuo que le permita a las organizaciones reducir sus costos, mejorar o renovar los procesos y eliminar los desperdicios [4]. Más aun, la industria exige conocimientos de la filosofía de *Lean Manufacturing* con el fin de alcanzar tres objetivos: rentabilidad, competitividad y satisfacción de los clientes.

Como se ha mencionado anteriormente el objetivo principal de *Lean Manufacturing* es aumentar la satisfacción de los clientes mediante los requerimientos y especificaciones del producto a obtener, así como la que se menciona anteriormente.

Objetivos específicos [4]:

- Reducir la cadena de desperdicios en el sistema de producción.
- Reducir el inventario y el espacio en el área de producción.
- Crear sistemas de producción más robustos y flexibles.
- Crear sistemas apropiados de entrega de materiales.
- Mejorar las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

2.9 REFERENCIAS

- [1] A. S. Tejeda, «Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas Productivos,» *CIENCIA Y SOCIEDAD*, vol. XXXVI, nº 2, p. 285, 2011.
- [2] L. J. Krajewski, *Administración de operaciones: estrategia y análisis*, México: Pearson Educación, 2000.
- [3] A. Villaseñor Contreras y E. Galindo Cota, *Manual de Lean Manufacturing. Guia Basica*, Mexico: LIMUSA, 2009.
- [4] P. P. Ballesteros Silva, «Algunas reflexiones para aplicar la manufactura Esbelta en empresas Colombianas,» *Redalyc*, vol. XIV, nº 38, pp. 223-228, 2008.
- [5] A. Villaseñor Contreras y E. Galindo Cota, *Conceptos y reglas de Lean Manufacturing*, Mexico: LIMUSA, 2007.
- [6] M. Rajadell y J. L. Sanchez, *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*, S.L.: DIAZ DE SANTOS, 2010.
- [7] A. Toledano De Diego, N. Mañes Sierra y S. J. Garcia, «"Las claves del exito de Toyota". Lean, mas que un conjunto de herramientas y tecnicas,» *Redalyc*, vol. 9, nº 2, pp. 113-122, 2009.

CAPITULO 3 HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

INTRODUCCIÓN

Las herramientas de lean manufacturing se pueden implementar dependiendo del área que se quiera mejorar. Estas herramientas nos permiten eliminar desperdicios de materiales, tiempo, recursos y procesos que en ocasiones el cliente no está dispuesto a pagar. La implementación de estas herramientas dentro de una empresa juega un papel muy importante pues la hace más competitiva en el sector que pertenezca.

3.1 HERRAMIENTAS DE LAS 5'S

Se comenzara con la descripción de las 5 'S ya que éstas contribuyen al primer paso que se tiene que dar para convertir un proceso de producción hacia un proceso de *Lean Manufacturing*.

Se nombra herramienta de las 5 'S, debido a que se refiere a la creación de mantener limpias, organizadas y seguras las áreas de trabajo y así mismo darle una impresión con más calidad de vida al puesto de trabajo. De esta manera reducir distintas formas de desperdicio y mejorar la satisfacción del empleado en su trabajo.

- Seiri (Separar)- Separar lo necesario de lo innecesario.
- Seiton (Simplificar)- Ordenar e Identificar
- Seiso (Limpiar)- Exploración visual y limpieza física del área.
- Seiketsu (Estandarizar)- Tener procesos estándares que todos sigan.
- Shitsuke (Sostener)- Sistematizar o Disciplina

Las 5 'S son la base fundamental para la productividad industrial creado en Japón. Con esto no quiere decir que las 5 'S no se puedan realizar en otros lugares, ya que las practicamos en nuestras vidas cotidianas, aunque en ocasiones no nos demos cuenta. Practicamos el Seiri y Seiton cuando conservamos lugares identificados y apropiados para cada cosa como una herramienta, libros, libretas, llaves, etc.

Son poco frecuentes las empresas y oficinas que aplican en forma estandarizada las 5 'S para mantener así limpio y seguro el lugar de trabajo. Esto no debería de ser así, ya que al mantener el orden y la organización sirven para mejorar la eficiencia en el lugar de trabajo [1].

SEIRI (Separar/Clasificar). Desechar lo que no se necesita, es decir separar los elementos necesarios e innecesarios en el lugar de trabajo.

Por ejemplo en:

- Los productos defectuosos
- Los papeles y documentos
- La maquinaria no ocupada
- Las herramientas no útiles

La primera S consiste en retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor. Una de las formas más efectivas para identificar dichos artículos que tendrán que ser eliminados es llamado "etiqueta roja" como se muestra en la figura 1. Por ende, una tarjeta roja es colocada a cada artículo innecesario, por lo tanto se debe registrar en la tarjeta la fecha y el área de donde se retiró el artículo. Enseguida, se mueven los artículos con tarjeta roja a un área designada para "retención de tarjetas rojas". Posteriormente, se debe definir un límite de tiempo para que estos artículos permanezcan en el área de retención de tarjetas rojas y de esta manera clasificar los artículos que serán ocupados en otra operación y los inútiles que serán desechados.

Tarjeta 5S	
Área:	No. de tarjeta:
Fecha:	Nombre del artículo:
Generada por:	
Categoría:	
1.- Materia prima	6.- Instrumento de medición
2.- Producto terminado	7.- Indirectos
3.- Herramientas	8.- Inventario en proceso
4.- Material de oficina	9.- Maquinaria
5.- Libros, revistas, papeles	10.- Otros
Cantidad:	Unidad de medida:
Descripción del artículo:	Razón de la tarjeta:
Acción sugerida:	
1.- Tirar	4.- Mover a otro almacén
2.- Almacenar	5.- Vender/Transferir
3.- Almacenar a largo plazo	6.- Otro
Fecha de desecho:	Firma:

Figura 1. Ejemplo de Tarjeta Roja.

SEITON (Ordenar). Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar es el distintivo de la segunda S. Se puede definir como la organización de los elementos necesarios de modo que resulten de fácil uso y acceso, la cual se enfoca a la eficiencia y efectividad del lugar de los artículos.

El cómo ordenar los artículos de acuerdo al lugar depende con qué frecuencia son requeridos en una estación de trabajo (herramientas, accesorios, papeles) como se muestra en la figura 2 llevar a cabo esta segunda S es más viable su visualización. Para la identificación de los artículos dependerá el área y lugar visiblemente marcados, de igual manera utilizar códigos de colores para tener una mejor visualización y así reducir el número de errores, ya que se pierde tiempo en estar buscando un artículo si no se tiene un área asignada e identificado con su respectiva etiqueta.



Figura 2. Ejemplo de Ordenar

SEISO (Limpiar). Limpiar el sitio de trabajo y los equipos para prevenir la suciedad y el desorden es la tercera S.

Una vez que se haya eliminado la cantidad de artículos innecesarios, y localizar lo que se necesita, ahora llega la limpieza del área. Se tiene que considerar la limpieza del área de trabajo y los equipos de igual forma implementar estrategias para disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo como se muestra en la figura 3. Cuando se comienza a realizar esta actividad los trabajadores se dan cuenta de los problemas ocultos por el desorden como: fugas de aceite, fugas de aire, exceso de grasa, riesgos de contaminación, partes rotas, paredes deterioradas, entre otras.



Figura 3. Ejemplo de limpiar [2]

Seiketsu (Estandarizar). En esta cuarta S, lo que se pretende es mantener un estado limpio y organizado con la aplicación de las primeras tres S. En este puesto los operadores son quienes se encargan de crear estrategias que les permitan beneficiarse a sí mismos.

Para generar esta cultura se puede utilizar diferentes herramientas, colocar ilustraciones mediante fotografías del sitio de trabajo en buenas condiciones, colocados en lugares estratégicos y visibles en todo momento, para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer, como se muestra en la figura 4.

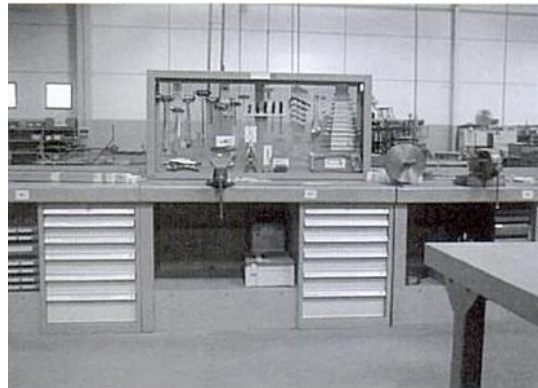


Figura 4. Ejemplo de Estandarizar [2]

SHITSUKE (Disciplina). Crear hábitos basados en las cuatro S anteriores. Para que se pueda practicar continuamente estos puntos es necesario que las personas puedan adquirir un autocontrol. El Shitsuke implica llevar un control periódico, visitas sorpresa, respeto por sí mismo y por los demás para tener una mejor calidad de vida laboral.

Una de las formas para llevar un sistema vivo, es la retroalimentación de esta manera se debe realizar un plan formal de las inspecciones que serán realizadas en cada una de las áreas de la empresa, para que los responsables de estas tomen acciones para continuar con la mejora continua.

La implementación de la herramienta de 5 'S es importante en un proceso ya que implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura en la mejora de la productividad y aspectos humanos, es por ello llevar a cabo la implementación de las 5´S.

Algunos beneficios al implementar las 5 'S son:

- Mayores niveles de seguridad en el área de trabajo, esto es la eliminación de despilfarros producidos por el desorden, falta de aseo, fugas, contaminación, etc.
- Facilidad para el control visual.
- Reducción de pérdidas de calidad.
- Aumenta la vida útil de los equipos, debido a la inspección permanente por parte de la persona responsable de cada uno de los equipos o maquinas.
- Hacer el uso constante de los elementos de control visual como tarjetas, tableros, etiquetas y de esta manera mantener ordenados los elementos y herramientas que involucran el proceso productivo.
- Ayuda a los empleados a adquirir la autodisciplina; cuando se genera la autodisciplina el compromiso formal hacia las 5´S siempre está presente [3].

3.2 TRABAJO ESTANDARIZADO

Para que el flujo ocurra dentro de los procesos que agregan valor, los operadores deben de producir dentro del takt time, y mejorar consistentemente los tiempos de ciclo de trabajo. Lo que se pretende es muy sencillo, nadie desea que un operador mejore el tiempo de ciclo y logre llegar a 45 segundos en una operación, mientras su compañero mejoró la operación a 60 segundos. Aquí se busca estandarizar el tiempo de ciclo a 45 segundos y observar que todos hagan el mismo trabajo de la misma manera. Es decir, esto se logra realizando el trabajo estandarizado [3].

El trabajo estandarizado es un conjunto de procedimientos de trabajo que establecen el mejor método y secuencia para cada proceso. La hoja de trabajo estandarizado ayuda a ilustrar la secuencia de operaciones dentro del proceso, incluyendo el tiempo de ciclo. Esta hoja debe colocarse en el área de trabajo.

□	Proceso:	Ensamble de Trucky		Fecha de preparacion	20/09/2006	
Alcance de la operaciones	Compañía	Tec Motor Company		revisión		
Inspeccion de calidad	Equipo de Seguridad	Inventario en proceso (WIP)	# de piezas en WIP	Tack Time	Tiempo Operador	Tiempo Máquina
◆	+	▲	14	43 seg	30 seg	23 seg

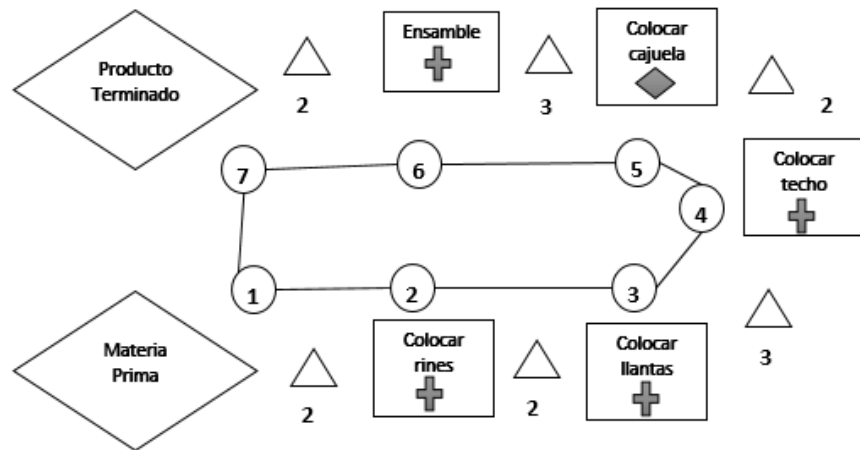


Figura 5.Hoja de Trabajo Estandarizado [3]

Los pasos a seguir para llenar esta hoja son:

1. Dibujar el *layout* (esquema de distribución de los elementos dentro de un diseño) donde deberán estar identificados cada uno de los artículos.
2. Asignar a cada artículo de trabajo una ubicación enumerada.
3. Mostrar la trayectoria de los movimientos.
4. Llenar la información requerida dentro de la hoja.
5. Colocar en el área de trabajo.

El trabajo estandarizado provee las bases para tener niveles de productividad, calidad y seguridad. Trabajar junto con los operadores para establecer los métodos de trabajo más eficientes y todos estén de acuerdo.

Usar la hoja de la combinación del trabajo estándar como se muestra en la figura 5 para tomar en cuenta la comparación en los procesos entre los tiempos de ciclo y el *takt time*. Este documento muestra el flujo de los materiales, las personas dentro del proceso, especifica el tiempo exacto de cada secuencia de trabajo dentro de una operación, incluyendo de la misma manera el tiempo mientras camina. Los operadores desarrollan ideas para mejorar el proceso. Por lo tanto, se mencionan algunos pasos para llevar a cabo el trabajo estandarizado:

Los pasos recomendados para llenar esta hoja son:

1. Separe las actividades de cada trabajador en diferentes elementos.
2. Tome tiempo a cada elemento.
3. Documente el tiempo invertido en caminar.
4. Llene la hoja:
 - Enliste los elementos y los artículos asociados.
 - Grafique cada elemento y los tiempos invertidos en caminar
 - Coloque la hoja en la estación de trabajo.

Agregue el *takt time*, un medible crítico para el trabajo estandarizado, ya que provee las bases de tener altos niveles de productividad, calidad y seguridad. Incluso tome en cuenta en trabajar junto con los operadores para implementar procesos más eficientes.

3.2.1 Balanceo de línea

El balanceo de línea es un proceso a través del cual con base al tiempo se distribuyen los elementos de trabajo dentro del proceso en orden, y por lo tanto se alcance el takt time [3]. Consiste en tratar de igualar las cargas de trabajo de las estaciones de trabajo, para evitar tiempos de espera entre estas.

Al balancear la carga de trabajo se evita que algunos operadores trabajen más o que otros no realicen nada.

3.2.1.1 Tiempo de ciclo (T/C)

Según Rother y Shook (1999) el tiempo de ciclo es “que tan frecuente una parte o producto es terminado en un proceso, en un determinado tiempo. También, el tiempo que le toma a un operador ir a través de todos sus elementos de trabajo antes de que los repita” [3].

3.3 SMED (INTERCAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS)

Los cambios rápidos de modelo conocidos como SMED de la expresión inglesa “Single-minute exchange of die”. El término se refiere a la teoría de realizar las operaciones en menos de diez minutos [4]. El sistema fue propuesto por el Japonés *Shingeo Shingo* a lo largo de 19 años, y el resultado del estudio fue la mejora de los procesos de preparación de máquinas.

3.3.1 Cómo se realiza SMED

Es una herramienta muy importante dentro de una empresa, como se ha mencionado anteriormente el cambio de piezas se debe realizar en menos de diez minutos y para comprender la importancia de esta herramienta se muestra el siguiente ejemplo.

En las carreras de autos la entrada del coche para revisión, los cambios de neumáticos y llenado del tanque de combustible se hace en menos de 15 segundos. Esto es posible ya que los mecánicos preparan previamente lo que sea necesario antes de que llegue el auto, como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Ejemplo SMED [3]

Es por ello que el Japonés *Shingo* (1997), identificó dos tipos de operaciones dentro de este sistema.

1. Elementos internos: Es la actividad que puede ser realizada cuando la maquina esta parada, es decir; como montar o desmontar dados.

2. Elementos externos: Es la actividad que puede ser realizada cuando la máquina está funcionando, como transportar los dados ya usados al almacén.

El objetivo de esta herramienta es preparar una maquina tan rápido como sea posible para reducir el tiempo de cambiar de un modelo a otro. De esta manera, tratar de convertir los procedimientos internos en externos con el fin de eliminar el tiempo de maquina en espera, así como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Pasos en un proceso de preparación de máquina [3]

Operación	Proporción del tiempo
Preparación, ajustes post-proceso y verificación de materiales, herramientas, troqueles, calibres, etc.	30%
Montar y desmontar herramientas, etc.	5%
Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones.	15%
Producción de piezas de ensayo y ajustes.	50%

3.3.2 Como se aplica SMED

El método se efectúa en cuatro pasos: una etapa preliminar y tres etapas, las cuales se describen a continuación.

- *Etapa preliminar:* Distinción de las preparaciones internas y externas.

En las operaciones de preparación se confunde las preparaciones internas y externas lo que provoca que las maquinas estén paradas durante un periodo de tiempo, por ello en esta etapa se realiza un análisis del proceso inicial de cambio con las siguientes acciones:

- Un análisis de producción continua
- El estudio de trabajo por muestras
- Grabación en video

Esta etapa es más útil de lo que se cree.

- *Primera etapa:* Separar preparaciones internas y externas.

La etapa más importante es la diferenciación de las preparaciones internas y externas. La preparación de piezas, el mantenimiento de los dados, herramientas y ciertas operaciones no deben realizarse mientras la maquina esta parada. Si no que debe realizarse mientras la maquina no funciona, lo cual reducirá un 30% o 50% del tiempo.

- *Segunda etapa:* Conversión de la preparación interna en externa.

Se comentó anteriormente que los periodos de preparación se pueden reducir en un 30% o 50% con solo reparar los procedimientos internos y externos.

Esta etapa comprende dos conceptos importantes.

- Realizar de nuevo las operaciones para ver si las operaciones se estén considerando erróneamente como internos.
- Buscar métodos para convertir esas operaciones internas en externas.

Algunas operaciones que se llevan a cabo durante el proceso en ocasiones pueden ser convertidas en externos.

- *Tercera etapa:* Perfeccionamiento de todos los aspectos de las operaciones de preparaciones.

En ocasiones se puede alcanzar el nivel de los diez minutos convirtiendo las preparaciones internas en externas. Es por ello que se deben concentrar esfuerzos

para perfeccionar cada una de las preparaciones internas y externas, las etapas que debe tomarse en cuenta para llevar a cabo la implementación de SMED.

Los ejemplos siguientes sirven para mostrar la ejecución de las etapas [3].

- En *Toyota Motor Company*, el tiempo de preparación interna de una máquina de hacer tornillo, que antes era de ocho horas, se redujo hasta cincuenta y ocho segundos.
- En *Mitsubishi Heavy Industries*, el tiempo de preparación de una taladradora de seis ejes, que antes era de veinticuatro horas, es ahora de dos minutos y cuarenta segundos.

3.4 POKA YOKE

El poka yoke es un método que ayuda al operador a evitar errores en su trabajo causados por olvidar alguna parte del proceso o bien por instalar una parte equivocada [5].

La herramienta Poka Yoke tiene como finalidad eliminar los errores de los operadores dando como resultado un producto con las características adecuadas. Evitando así que ellos mismos coloquen otro componente que no corresponda al producto final.

Para reducir los defectos dentro de las actividades de producción, el concepto más importante es el de reconocer que los defectos son generados por el trabajo y que lo único que las inspecciones hacen es descubrir los defectos.

Las dos funciones de Poka Yoke

Un sistema Poka Yoke tiene dos funciones [6]:

1. Una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas.
2. La segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva.

Los efectos de un sistema poka-yoke en la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección. Si bien se puede pensar que un defecto y un error son lo mismo, no es así. Los defectos son los resultados y los errores son las causas de los resultados. Por ejemplo, un error es dejar por mucho tiempo un pan en el tostador y el defecto es tener un pan quemado, así pues se tiene que distinguir entre ambos términos para llegar a la conclusión de que uno va ligado con otro.

El primero en utilizar los sistemas Poka yoke fue Shingeo Shingo, un ingeniero industrial de Toyota, a quien se le acredita el haber creado y formalizado el concepto “Cero control de calidad” (ZQC), un enfoque particular en el contexto del control de calidad. En 1961, después de ir de visita a Yamaha Electric, Shingo empezó a introducir instrumentos mecánicos en los procesos de ensamblaje, con el fin de prevenir que las piezas se ensamblaran erróneamente. En 1967 mejoró estos instrumentos involucrando la inspección en la fuente y haciendo más completo el poka yoke, ya que no se daban errores [7].

En 1977, después de una visita a la planta de la división de lavadoras de Matsushita en Shizuoco, donde se consiguió un mes entero sin defectos en una línea de ensamblaje con 23 operarios y de esta manera se dio a la conclusión de que el control estadístico de calidad no era requerido.

3.4.1 Tipos de medidores de Poka Yoke

Estos tipos de medidores se pueden dividir en dos grupos:

1. Medidores de contacto

Interruptor de límites, son los medidores de contacto más frecuentes. Pueden detectar la presencia de artículos como piezas de trabajo, herramientas y son muy flexibles.

Los interruptores de límite pueden ocuparse para asegurar que un proceso no inicie hasta que la pieza este colocada correctamente.

2. Medidores sin contacto

Sensores de proximidad: Estos sistemas responden al cambio en distancias desde objetos y los cambios en las líneas de fuerza magnética.

Sensores reflectores: Este tipo de sistema hace uso de un rayo de electrones, pueden ser de luces o de transmisión.

Sensores de posición: Son aquellos sensores que detectan la posición de una pieza.

Sensores de dimensión: Son sensores que detectan que las dimensiones de la pieza o producto sean las correctas con los estándares establecidos.

Sensores de desplazamiento: Son sensores que pueden detectar deformaciones, grosor y niveles de altura.

3.4.2 Los 8 principios de mejora básica para el poka yoke y el cero defectos. (Hirano, 1988)

Los principios de Poka Yoke son esenciales para llevarlos a cabo ya que forman parte de eliminar errores humanos, y de esta forma los operadores se den cuenta que tienen que hacer las cosas correctamente así como se mencionan a continuación [3]:

- Construya la calidad en los procesos.
- Elimine todos los errores y defectos inadvertidos.
- Interrumpa el hacerlo mal y comience a hacer lo correcto ¡Ahora!
- No piense en excusas, piense en cómo hacerlo bien.
- Un 60% de probabilidades de éxito es suficientemente bueno. ¡Implemente su idea ahora!
- Las equivocaciones y defectos podrán reducirse a cero si todos trabajan juntos para eliminarlos.
- Diez cabezas son mejor que una.
- Investigue la verdadera causa.

3.4.3 Ejemplos de dispositivos Poka Yoke

A continuación se describirán algunos dispositivos POKA YOKE que son utilizados comúnmente, de la misma manera se muestra en la figura 7.

- En una gasolinera los distintos productos disponen de letreros y mangueras de distintos colores. Además, las máquinas hablan indicando el tipo de combustible escogido al descolgar la manguera.
- Los teléfonos móviles tienen la función de bloquear el teclado, de esta manera cuando se transporta el teléfono se evita que se produzcan llamadas involuntarias.
- En la colocación de las pilas un *poka yoke* evita errores con respecto a la polaridad.
- Plantillas para realizar barrenos en superficies planas, esto permite evitar desviaciones y errores de medida.
- Los juguetes para niños el cual les ayuda a distinguir fácilmente la ubicación y las piezas.
- En los cables de conexión de una videoconsola el cable que conecta la videoconsola al televisor, consta de tres bornes de tres colores distintos que deben conectarse a los tres orificios de idénticos colores.

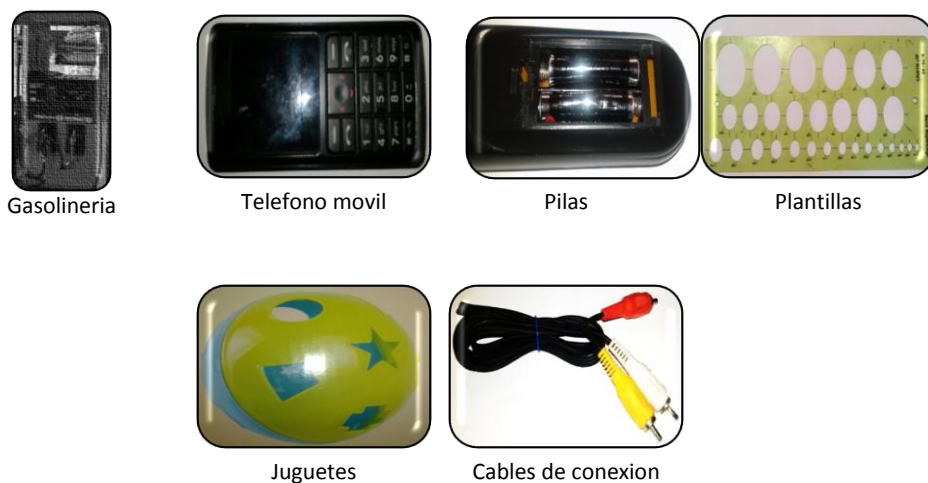


Figura 7. Ejemplos de dispositivos Poka Yoke

3.5 KANBAN

El termino japonés Kanban significa “tarjeta o registro visible” [8], la cual se implanta en forma de administración visual, por medio de diversas señales como; cuadros, tarjetas, contenedores, luces, etc. De esta manera permite la facilidad a los operadores y movedores de materiales conocer lo que se está produciendo, las características que lleva, así como lo que se va a producir después. Así mismo, permite que los operadores tomen acciones sin consultar a su supervisor con el objetivo de reducir el papeleo.

El Kanban proporciona la información adecuada al operador en el momento que se produce una señal para que las máquinas puedan producir, recoger, transportar hasta que se les solicite que lo hagan, de esta manera evitan inventarios, en ocasiones puede suceder que se produzca y no se venda o queden parados, lo cual provocaría una sobreproducción.

El proceso se inicia cuando el cliente realiza su pedido, de este modo se preparan los herramentales y materiales, generando una tarjeta Kanban al almacén de producto terminado, quien a su vez si no tiene producto genera otra tarjeta Kanban al último proceso de fabricación, esto indica que solo debe producirse la cantidad indicada. Si el último operador requiere materiales de procesos anteriores, este genera otra tarjeta Kanban por un movimiento de materiales para esa área dejando así la tarjeta Kanban de producción en el proceso anterior.

Por consiguiente, cuando empieza el seguimiento de una tarjeta Kanban es colocada en cada uno de los contenedores de los artículos que se producen, así mismo cada contenedor contiene un porcentaje determinado de la cantidad de artículos producidos, cuando el operador vacía todos los artículos del contenedor por consiguiente la tarjeta Kanban es retirada y es colocada en un depósito de recepción y de esta manera el contenedor es llevado a una área de almacenamiento.

Cuando se tienen tarjetas en el área de depósito esto indica que se deben producir más de esos artículos para el llenado de otro contenedor. Ya que fue llenado el contenedor se coloca otra tarjeta Kanban en él y es llevado al área de almacenamiento.

3.5.1 Información necesaria de una etiqueta Kanban

Una etiqueta Kanban siempre es indispensable a la hora de mover un estante, ya que es la base para que un operador este informado de que está moviendo, hacia donde será llevado y que proceso es el siguiente así como otros puntos necesarios.

1. Número de parte del componente y su descripción

Los kanban son tarjetas que indican u ordenan que se vuelva a servir un nuevo pedido. Estas describen su origen, destino, cantidad e identidad de los productos a servir. Por lo que cada parte del componente deberá estar bien definida o clasificada por un código o clave, la que podrá estar compuesta por números o letras, o una combinación de estos. Además, puede incluir una descripción del componente, características que permitirá facilitar la comprensión y actuación de los involucrados en la producción.

2. Nombre / No. Del producto.

Muchas veces será necesario, además, incluir el nombre o número del producto; en este caso la nomenclatura se referirá al producto en general, y no al componente en particular. Esta característica permitirá evitar confusiones, en el sentido de que, las partes que componen un determinado producto, efectivamente lleguen a ese producto. Evitando así extravió de piezas en el transcurso del proceso, pérdidas de tiempo y dinero para la organización.

3. Cantidad requerida.

Este punto reviste mucha importancia, puesto que es vital y absolutamente necesario conocer la cantidad requerida para poder producir. La cantidad de piezas descrita en la tarjeta debe coincidir con la cantidad colocada en el contenedor, evitando problemas graves de falta de componentes para la producción que afecten la empresa.

4. Tipo de manejo de material requerido.

Muchos componentes necesitaran un trato especial en lo que respecta a su manejo. Gran cantidad de materiales poseen características que provocan que su manejo sea realizado en forma cuidadosa. Estas características se pueden presentar en diversas formas y por diversos motivos, los mismos que pueden ser entre otros los siguientes:

- El clima.
- Lo perecedero del producto.
- Lo frágil del material.
- El hecho de mantenerlo en una posición necesaria.
- En donde debe ser almacenado cuando sea terminado.

Los materiales son recibidos, inspeccionados, almacenados y distribuidos, con base en el programa predeterminado. Estos mismos materiales, en forma de subensamble se almacenan de nuevo. Si se detectan materiales defectuosos, o las piezas no especificadas son utilizadas, pueden ocurrir errores en ensamble.

5. El punto de reorden.

Las posiciones de inventario de artículos deben ser revisados periódicamente, y el número de órdenes se emitirá uniformemente a lo largo de la determinación de la producción. El punto de reorden revisara la posición de inventario de artículos

intermedios y comprados más bien, diariamente que semanalmente. La razón por que kanban aparece atractivo no es el sistema en sí mismo. El sistema kanban es meramente una manera conveniente para implementar una estrategia de lote pequeño y una manera para exponer problemas ambientales. Ser un sistema de poco papel, las decisiones cotidianas para poner nuevas órdenes son hechas por los trabajadores. Cuando los tamaños de lote son pequeños y repetitivos, los sistemas con la documentación excesiva sobre cada orden de taller, requieren muchos costos más altos de administración.

6. Secuencia de ensamble / producción del producto.

La secuencia de ensamble producción, llamada flujo, es de importancia primordial, y esta se obtiene mediante el equilibrio. El contenido de la secuencia de ensamble colaborara a buscar en lo que a stock se refiere, la cantidad mínima posible en el último momento posible, y la eliminación de existencias.

3.5.2 Clases de Kanban

Para llevar a cabo un Kanban se necesita tener la información adecuada para tener en cuenta que clase de Kanban se está manejando, a continuación se muestran las clases que existen [9].

1. Kanban de proceso: Indica la cantidad a producir por el proceso anterior, teniendo en cuenta sus características. También conocido como Kanban para hacer algo.

Este tipo de Kanban contiene la orden de producción, el tipo de parte, la maquina por la que será procesada esa parte, y donde será llevada o almacenada, esta clase de Kanban se muestra en la figura 8.


Proceso previo Estampado de eje (ES-08)		
Proceso actual Ensamble (EN-03)		
Nombre de la parte 6250 Eje		
Capacidad 8	Número del artículo 4/20	Numero de control EJ-1

Figura 8. Kanban de producción [3]

2. Kanban de retiro: También conocido como Kanban para mover, el cual sirve como señal para retirar algo del inventario. Este mismo es usado en términos internos como una señal para retirar o mover partes de un área de almacén y transportarlas al siguiente proceso dentro de la empresa. Este Kanban de retiro como se muestra en la figura 9 normalmente se usa con el flujo continuo el cual trabaja con un gran número de componentes.

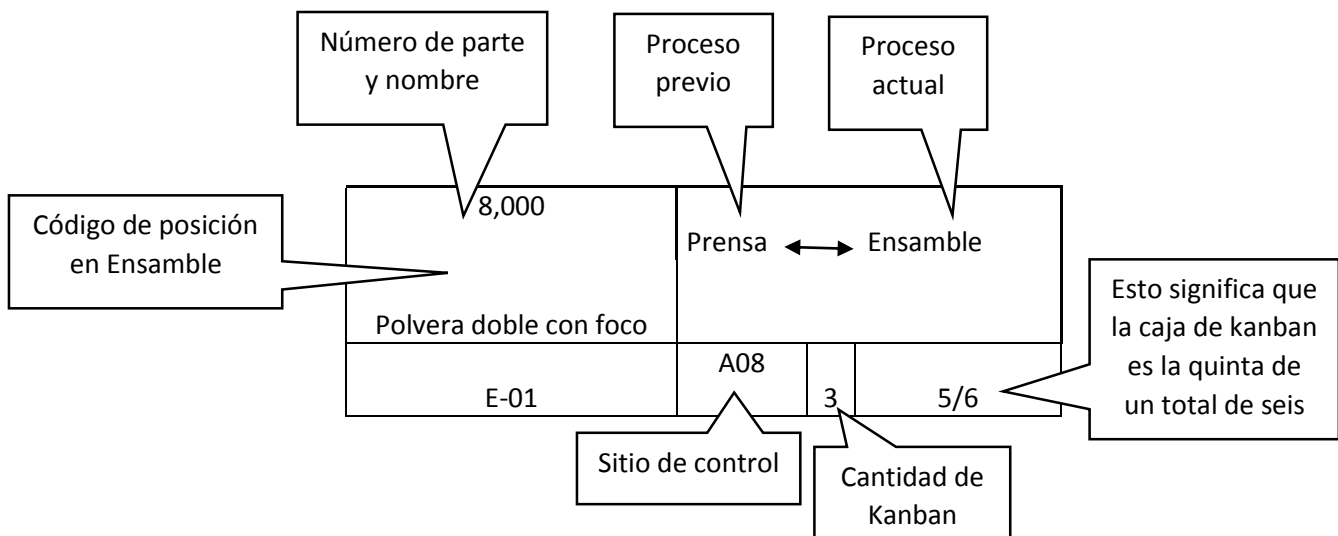


Figura 9. Kanban de retiro [3]

3. Kanban proveedor: Es utilizado como señal para indicar que se necesita retirar partes desde un proveedor externo y trasladar a un supermercado de partes para los consumidores de los siguientes procesos, este tipo de Kanban se muestra en la figura 10.

Código de colores para un estante y localización del destino de entrega.		
De: Aceros Michoacán	Área de almacén A 1-1	Para: Trucky
Tiempo de entrega: 9:30	Identificación	Ensamble # 3
Número del artículo: 5417	Usado en : Trucky	2
Nombre del artículo: Lamina 2510	Tipo de carro: Pick up	
	Tipo de caja: Normal	
# de estante: A2-Superior	Capacidad caja: 8	
Localización del estante		

Figura 10. Kanban de proveedor [3]

3.5.3 Reglas de Kanban

Para llevar a cabo el proceso de una tarjeta Kanban el operador necesita tener la información adecuada para poder mover un contenedor hacia el siguiente proceso, de esta manera no se tendrán errores de artículo o proceso a continuación se describen algunas reglas que el operador debe seguir correctamente.

Dentro de Kanban se tienen algunas reglas a seguir [10]:

- En cada uno de los contenedores debe de contener una tarjeta Kanban.
- Los operadores del siguiente proceso deben retirar los artículos del contenedor de las operaciones anteriores.

- La línea de ensamblaje jala los artículos de la célula de fabricación para evitar que haya artículos que aún no se necesiten.
- Las tarjetas Kanban se mueven con el contenedor de artículos para que haya un control y de la misma forma un control visual.
- Los contenedores de artículos jamás deben sacarse de un área de almacenamiento sin antes colocar una tarjeta Kanban.
- El número de tarjetas Kanban fija la cantidad de inventario en proceso.
- Los contenedores deben de contener el mismo número de artículos, ya que si son llenados en forma irregular afecta el flujo del proceso.
- Se deben enviar artículos en buen estado a la línea de producción para el mejor uso de materiales y tiempo de los operadores, de esta manera evitar problemas a los siguientes procesos y que los problemas tarden en resolverse.
- Se debe tratar de reducir el número de tarjetas Kanban para el mejoramiento continuo.

3.5.4 Ventajas del sistema Kanban

El Kanban es un sistema que permite a los operadores tener una mayor accesibilidad de mover los materiales, lo que se está produciendo, las características que tienen el artículo así como el proceso siguiente. El operador tiene la responsabilidad de tomar la decisión sin consultar a su supervisor reduciendo así papeleo, es por ello que se mencionan a continuación algunas ventajas de utilizar el sistema Kanban [9].

- Se anticipan a los cambios tanto en diseño de productos como en procesos.
- Programan su producción con base en el mercado objetivo: satisfacen la demanda real.
- Están centradas en la plena satisfacción del consumidor.
- Se logra un mayor trabajo en equipo con alta dosis de paciencia.

- Hay un compromiso muy fuerte para alcanzar certificaciones de los sistemas de calidad con enfoque ISO 9000.
- Existe tendencia hacia la homogeneidad.
- Los niveles directivos logran que el cliente esté presente en las empresas.
- La existencia de problemas es un reto para probar la estrategia corporativa.
- Implementan técnicas de comunicación visuales en forma más rápida.
- Buscan la estandarización en todo sentido, con un enfoque claro para todos los trabajadores.
- La comunicación fluye en todas las direcciones: de arriba-abajo para todos los trabajadores.

3.6 KAIZEN

El significado de *KAIZEN* proviene de dos ideogramas japonesas: “Kai” que significa cambio y “ZEN” que quiere decir para mejorar, y como dicho mejorar debe buscarse y realizarse el significado termina siendo “mejora continua” [11].

Kaizen significa mejoramiento continuo en la vida personal, familiar, social y de trabajo. Cuando se aplica al lugar del trabajo, *Kaizen* significa mejoramiento continuo que involucra a todos, gerentes y trabajadores todo el personal debe estar involucrado para tomar decisiones a un mejoramiento continuo.

Otros autores como *Masaaki Imai*, indicaba que el *Kaizen* significa mejoramiento continuo, pero mejoramiento todos los días, a cada momento, realizado por todos los empleados de la organización, en cualquier lugar de la empresa. Y que va de pequeñas mejoras incrementales a innovaciones drásticas y radicales [12].

De igual manera, esto nos hace entender como una serie de principios personales que nos hacen crecer como personas día a día, como se menciona

anteriormente tanto en la vida personal, social, familiar debe ser mejorada constantemente, creciendo así mismos interiormente.

3.6.1 Objetivo Kaizen

El objetivo principal del Kaizen es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, y de los métodos de trabajo por operación.

Esto se logra mediante la larga experiencia de los operadores que son involucrados en el proceso para la identificar el problema y las causas, de tal manera que aporten ideas y sugerencias para la implementación de las soluciones adecuadas.

3.6.2 Beneficios Kaizen

Algunos beneficios que se logran mediante la aplicación de la herramienta Kaizen se mencionan a continuación [11]:

- Se fomenta una forma de pensamiento orientada al proceso.
- Se pone mayor énfasis en la etapa de planeación.
- Las personas concentran su atención en los asuntos de mayor importancia.
- Todos participan y contribuyen a la construcción de un nuevo sistema.
- Reducción de inventarios, productos en proceso y terminados.
- Disminución en la cantidad de accidentes.
- Reducción en fallas de los equipos y herramientas.
- Reducción en los tiempos de preparación de maquinarias.
- Aumento en los niveles de satisfacción de los clientes y consumidores.
- Incremento en los niveles de rotación de inventarios.
- Importantes caídas en los niveles de fallas y errores.
- Mejoramiento en los flujos de efectivo.

- Mayor y mejor equilibrio económico-financiero. Lo cual trae como consecuencia una mayor solidez económica.
- Menor rotación de clientes y empleados.
- Mejora en la actitud y aptitud de directivos y personal para la implementación continua de cambios.
- Acumulación de conocimientos y experiencias aplicables a los procesos organizacionales.
- Capacidad para competir en los mercados globalizados.
- Derribar las barreras o muros interiores, permitiendo con ello un potente y autentico trabajo en equipo.

3.7 REFERENCIAS

- [1] F. Gonzalez Correa, «Manufactura esbelta (Lean Manufacturing). Principales herramientas,» *PANORAMA ADMINISTRATIVO*, nº 2, pp. 85-112, 2007.
- [2] F. Rey Sacristán, *Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo*, Madrid: Fundación Confemetal, 2005.
- [3] A. Villaseñor Contreras y E. Galindo Cota, *Manual de Lean Manufacturing. Guia Basica*, Mexico: LIMUSA, 2009.
- [4] J. G. ARRIETA POSADA, «Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo,» *Redalyc*, vol. 10, nº 20, pp. 139-148, 2007.
- [5] A. Villaseñor Contreras y E. Galindo Cota, *Conceptos y reglas de Lean Manufacturing*, Mexico: LIMUSA, 2007.
- [6] H. Hirano, *Poka Yoke*, México: TGP. Tecnología de Gerencia y Producción, S.A, 2000.
- [7] M. Rajadell y J. L. Sánchez, *Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad*, Madrid: Díaz de Santos, 2011.
- [8] L. P. Ritzman y L. P. Ritzman, *Administración de Operaciones. Estrategia y análisis*, México: PEARSON EDUCACIÓN, 2000.
- [9] D. P. Ballesteros Riveros y P. P. Billesteros Silva, «Una forma practica para aplicar el sistema Kanban en la mypimes colombianas,» *redalyc*, vol. XIV, nº 39, pp. 200-2005, 2008.
- [10] L. J. Krajewski, *Administración de operaciones: estrategia y análisis*, MÉXICO: PEARSON EDUCACIÓN, 2000.
- [11] Y. A. Atehortua Tapias y J. H. Restrepo Correa, «KAIZEN: Un caso de estudio,» *Redalyc*, vol. XVI, nº 45, pp. 59-64, 2010.
- [12] M. F. Suarez Barraza y J. A. Miguel Dávila, «Implementación del Kaizen en México: un estudio exploratorio de una aproximación gerencial japonesa en el contexto latinoamericano,» *Redalyc*, vol. 21, nº 41, pp. 19-37, 2011.

CAPITULO 4 PRODUCTIVIDAD Y TPM

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es un factor interesante para el sector industrial ya que su función es que la máquina que se está utilice en el proceso cumpla con las condiciones en el momento que se ocupe por el operador, por ello es necesario que la maquina cumpla con una mantenimiento adecuado. Lo que se pretende es que los operadores responsables de una maquina puedan realizar un mantenimiento efectivo que elimine paradas continuas, mala calidad, retrasos en los procesos y más que nada costos extras.

4.1 QUE ES LA PRODUCTIVIDAD

El concepto de productividad ha ido avanzando conforme a las necesidades de la competitividad de la industria. La productividad es el valor de los productos (bienes y servicios) dividido entre el valor de los recursos (salarios, costo de equipo y similares) que se han usado como insumos de la ecuación (1) del capítulo 2 [1].

Es posible hacer muchas mediciones de la productividad, pero los gerentes escogen varias mediciones razonables para detectar las áreas o departamentos que es necesario llevarlos a la mejora continua. De igual manera, la Real Academia Española (RAE) menciona que la productividad es la capacidad o grado de producción por unidad de trabajo.

La productividad es una medida que suele emplearse para conocer que tan bien están utilizando sus recursos un país, una industria [2].

4.2 QUE ES UN PROCESO DE MANUFACTURA

Un proceso de manufactura, es el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas. Las características de cada artículo dependen de cada proceso que sea sometido y lo transforme a un artículo final.

Por lo tanto, un proceso de manufactura es la forma de transformar la materia prima a un producto final que será llevado al cliente con las características que lo indica. Involucrando de esta manera al personal, herramientas y máquinas para convertir la materia prima en productos útiles.

4.3 PUNTOS CLAVE DE LA PRODUCTIVIDAD

La productividad es un factor muy importante para la empresa, ya que rige el nivel de competitividad que tiene en el mercado, el personal debe tener en cuenta el objetivo principal de la empresa es por ello que se describen a continuación algunos puntos clave de la productividad.

1. Desarrollar la imagen y la identidad de la empresa tanto en el interior como en el exterior de la misma.
2. Compartir la información, procurando que los objetivos, las políticas, los puntos fuertes y los puntos débiles, así como las estrategias, sean conocidos.
3. Desarrollar sistemas de dirección que eliminen rigidez en la organización y favorezcan la flexibilidad de las estructuras y de los hombres.
4. Desarrollar la formación y la gestión de los recursos humanos. Esta es la condición esencial para mejorar de forma continua la cualificación y carrera

de cada empleado. El alto nivel de cualificación y de formación es una meta fundamental en un plan de mejora de la productividad de forma directa, dado que permite aplicar la flexibilidad y movilidad.

5. Desarrollar la apertura al entorno, pues la empresa no puede funcionar independiente y aislada del entorno y de la evolución social y cultural que la rodea [3].

4.4 LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

4.4.1 Que es mantenimiento

El mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos maquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con la calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con ese fin [4].

Su misión del mantenimiento consiste en supervisar y advertir que un sistema haya bajado su fiabilidad, e inmediatamente haga lo necesario para regresarlo a su condición normal [5].

1. *Mantenimiento Predictivo*: Este tipo de mantenimiento consiste en la detección y diagnóstico de averías antes de que se produzcan, con el objetivo de programar paradas para reparaciones en los momentos oportunos. Es decir, sirve para diagnosticar las condiciones del equipo cuando está en marcha y determinar cuándo requiere mantenimiento.

2. *Mantenimiento Preventivo*: como parte del mantenimiento planificado y *basado* en la previsión y la evitación de averías y cualquier tipo de problemas y por tanto evitar paros en el sistema productivo y las consiguientes reparaciones [6].

El mantenimiento preventivo comprende la inspección periódica y el diseño de reparaciones para que una maquina sea confiable. Los operadores llevan a cabo gran parte del mantenimiento porque están familiarizados con sus máquinas y estas son más fáciles de reparar, ya que las operaciones esbeltas favorecen el uso de varias máquinas sencillas en lugar de una compleja [2]. La finalidad de este tipo de mantenimiento es la reducción del número de paradas producidas por averías imprevistas

3. *Mantenimiento correctivo*: Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada. Es decir, consiste en localizar las averías o defectos *que* se han originado en los equipos y corregirlos o repararlos inmediatamente.

Por otro lado, el mantenimiento autónomo es un elemento indispensable para la implantación del mantenimiento productivo total, ya que se involucra al personal de producción en las actividades del mantenimiento y este es un punto muy importante para la mejora de la productividad, con ello se pueden prevenir pérdidas de equipo relacionadas con pérdida de velocidad y defectos de calidad.

4.4.2 Qué es tpm

El Mantenimiento productivo total es una serie de técnicas para asegurar que máquinas o equipos del proceso de producción están siempre disponibles para realizar las tareas necesarias [7].

El TPM es una herramienta que se adopta por todo el personal involucrando directamente con producción para lograr cero accidentes, una vez implantada ayuda a mejorar la competitividad de una organización. El TPM permite diferenciar a una organización en relación al impacto de reducción de costos, stocks intermedios y finales, mejores tiempos de respuesta al cliente, calidad de los productos, y mayor conocimiento de las personas hacia las maquinas llevándolo a un mejoramiento continuo. No solo se debe enfocar en las áreas productivas sino también de forma global a todos los departamentos de la empresa.

4.4.3 Evolución del mantenimiento productivo total

En la actualidad muchas empresas exigen mayor eficiencia y calidad, y por lo tanto menor volumen, partiendo de la implantación del TPM. Ya que piensan que el mantenimiento genera gastos innecesarios, por lo cual no se dan cuenta del impacto que puede tener a nivel competitivo.

El TPM fue desarrollado en Japón, originado en JIPM (Japan Insitute of Plant Maintenance), puede decirse que el TPM surge como la adaptación del mantenimiento preventivo. De acuerdo, a la filosofía del TPM, los operadores son responsables de su equipo de trabajo así como de mantenerlo limpio y en adecuado funcionamiento, de esta manera detectar problemas críticos antes de que se propaguen dificultades en el proceso productivo o en el mismo equipo.

En 1925 se empezaba hablar de mantenimiento de manera preventiva con el fin de evitar fallas o averías en los equipos del proceso productivo, pero fue así que en los años cincuenta se desarrolla su aplicación. Se puede decir que en 1950 se establece la base del mantenimiento. El mantenimiento preventivo se implantó en Japón procedente de los Estados Unidos en 1951 por Toanenryo Kogyo [8]. Lo que se buscaba era la rentabilidad económica, y la máxima producción, es por ello que se establecieron funciones guiadas a la detección de posibles fallas en los equipos antes de que sucedieran.

Con el paso del tiempo, en los años sesenta se desarrolló el Mantenimiento Productivo, pues se trataba de un paso adelante del Mantenimiento Preventivo, con el fin de establecer un plan de mantenimiento para la vida útil de los equipos productivos.

El TPM o Mantenimiento Productivo Total empieza a desarrollarse en los años setenta en Japón. Es una filosofía de mantenimiento efectivo el cual busca la mejora continua tanto de los procesos productivos, como de los propios trabajadores en cuestión que establezcan un mantenimiento autónomo. De esta manera, el TPM surge como consecuencia de concentrar el Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento predictivo.

En la figura 11 muestra la evolución de la gestión del mantenimiento efectivo e integrado involucrando los diferentes mantenimientos hasta lograr el objetivo del Mantenimiento Productivo Total.

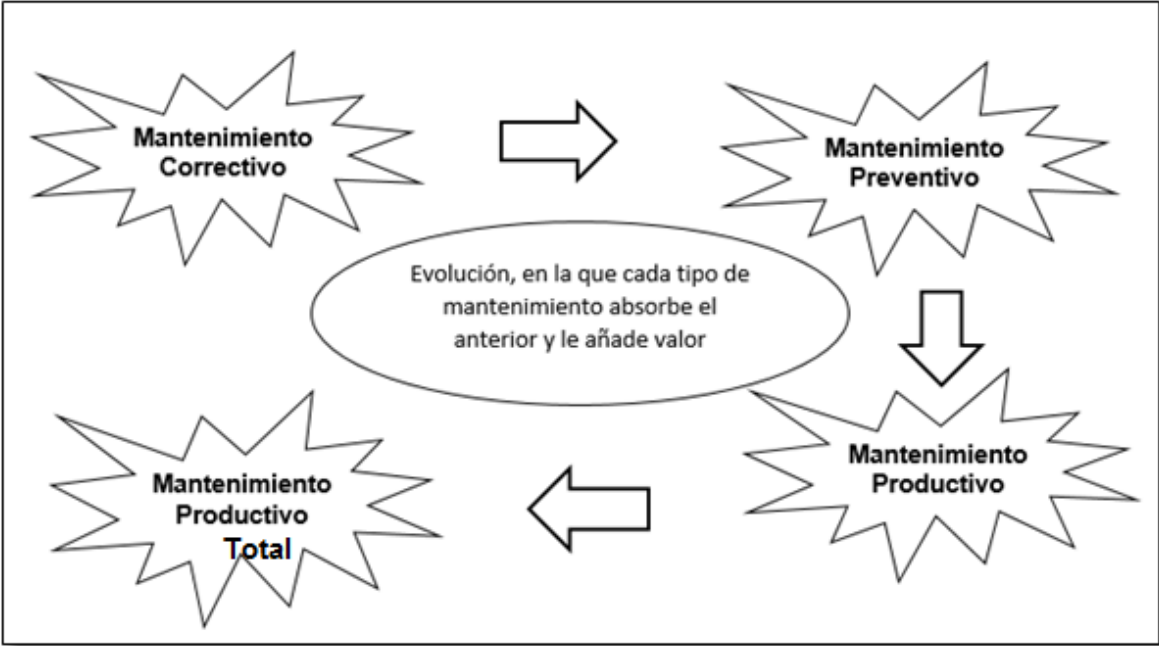


Figura 11. Evolución de la Gestión del Mantenimiento productivo total [8]

El mantenimiento es una estrategia que sirve como base para la mayoría de empresas, pero en ocasiones es visto como un gasto y de ahí se caracteriza su reducción a la implementación o eliminación de la estrategia de mantenimiento sin valorar el impacto que este puede tener en la mejora continua de los procesos productivos.

En cierto modo al aplicar el Mantenimiento Productivo Total (TPM), se habla de la competitividad que tienen las empresas al llevarlo a cabo en los procesos productivos, ya que la competitividad al igual que el mantenimiento permite a las empresas a alcanzar los objetivos de la calidad y de la productividad.

4.4.4 Características del tpm

El tpm es una herramienta que relaciona al operador con el equipo el cual se utiliza en el proceso pues de ello depende el tiempo que se realizara la entrega involucrando así el mantenimiento que se debe realizar al equipo evitando así pérdidas de tiempo, a continuación se mencionan algunas características principales del tpm.

Características principales

- Participación de todas las personas de la organización.
- Acciones de mantenimiento en cada una de las etapas del ciclo de vida de cada uno de los equipos.
- Importante participación de las personas involucradas en la operación y producción en el cuidado y mantenimiento de los equipos de trabajo.
- Obtener mejoras en los procesos productivos como la calidad, fiabilidad, y en las áreas donde se ocupen equipos de trabajo (finanzas, administración, ventas, producción).

4.4.5 Objetivos del tpm

El objetivo principal del TPM es asegurar que el equipo de fabricación se encuentre en perfectas condiciones y que continuamente produzca componentes de acuerdo con los estándares de calidad en un tiempo de ciclo adecuado [9].

En la figura 12 así como en el listado se muestran algunos objetivos del Mantenimiento Productivo Total involucrando factores relacionados hacia cero fallas, averías y defectos.

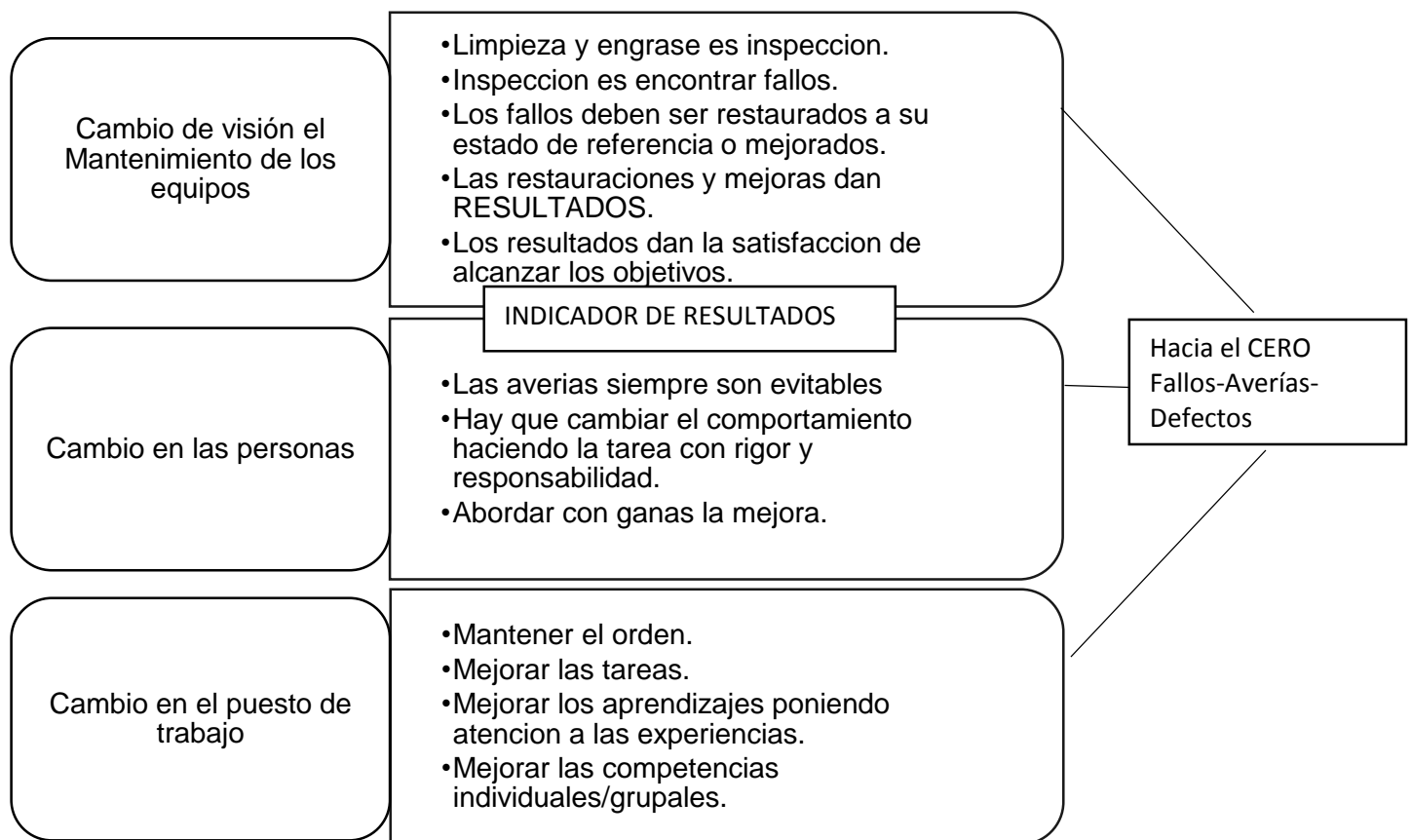


Figura 12. Objetivos Principales del Mantenimiento Productivo Total [3]

- Los equipos productivos trabajen sin averías, fallas, eliminar toda clase de pérdidas.

- Participación de todos los empleados, tanto de la dirección como los de producción de la planta. Involucrar a cada uno de ellos para alcanzar el objetivo del éxito.
- Implantación del Mantenimiento Preventivo como una estrategia básica de llegar al objetivo de cero perdidas, mediante pequeños grupos de trabajo que generen actividades para un Mantenimiento Autónomo.
- Trabajo en equipo, es decir pequeños grupos de trabajo donde se realicen actividades multidisciplinarias con el fin de involucrar y tomar las opiniones de cada persona.

4.4.6 Metas del tpm

Las metas del tpm en una empresa son muy importantes, ya que pretende alcanzar que el ciclo de vida del equipo sea más largo, la reducción de tiempos, calidad de acuerdo a los estándares del cliente y algunas otras que a continuación se hacen mención.

- Maximizar la eficiencia de cada equipo de trabajo, es decir que cada pieza que conforma el equipo no se encuentre en estado de deterioro.
- Realizar un sistema de mantenimiento de acuerdo al ciclo de vida del equipo, revisando los programas de mantenimiento, actividades de lubricación, ajuste y limpieza.
- Involucrar a los empleados de los departamentos de mantenimiento y proceso en el plan de mantenimiento, (personal de mantenimiento, gerentes, ingenieros, personal de calidad) para llegar a un mantenimiento autónomo.
- Prevenir cualquier mal funcionamiento.
- Asume el reto de cero fallas, cero defectos para mejorar la eficacia de un proceso productivo.

- Conservar la maquinaria o equipo de trabajo en óptimas condiciones.
- Busca la innovación en los sistemas para alargar el ciclo de vida de la maquinaria o equipo de trabajo.
- Cuando los empleados toman su propio rol en el proceso de producción, comienza la meta de eliminar desperdicios y pérdidas mediante el mantenimiento del equipo o maquinaria.

4.4.7 Las Seis Grandes Pérdidas del TPM.

El objetivo de un sistema productivo eficiente con respecto a los equipos involucrados es que operen de una manera más eficaz durante el mayor tiempo posible. Los principales factores que impiden maximizar la eficacia de un equipo se clasifican en las seis grandes pérdidas, las cuales se presentan en la tabla 4.

Clasificación de las seis grandes pérdidas y de la misma manera su descripción.

Tabla 4. Clasificación de las Seis grandes pérdidas [6]

Tipo	Perdidas	Tipo y Características	Objetivo
Tiempos muertos y de vacío	1. Averías	Tiempos de paro del proceso por fallos, errores o averías, ocasionales o crónicas, de los equipos.	Eliminar
	2. Tiempos de reparación y ajuste de los equipos	Tiempos de paro del proceso por preparación de máquinas o útiles necesarios para su puesta en marcha.	Reducir al máximo
Perdidas de velocidad del proceso	3. Funcionamiento a velocidad reducida	Diferencia entre velocidad actual y el diseño del equipo según su capacidad. Se puede contemplar además otras mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño.	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño.
	4. Tiempo en vacío y paradas cortas.	Intervalos de tiempo en que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios.	Eliminar
Productos o procesos defectuosos	5. Defectos de calidad y repetición de trabajos.	Producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos.	Eliminar productos y procesos fuera tolerancias.
	6. Puesta en marcha	Perdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.	Minimizar según técnica.

1. Averías

Las averías causan dos tipos de pérdidas: las pérdidas de tiempo, y pérdidas de cantidad cuando se reduce la productividad, es decir las maquinas involucradas en el proceso productivo producen piezas defectuosas, entonces el tiempo de entrega

es tardío. Las averías repentinas son fallos inesperados del equipo, fáciles de reparar. El personal de planta trata de disminuirlas aunque son muy difíciles de eliminar.

Por otra parte, las averías crónicas son más difíciles de corregir que las repentinas pero en ocasiones no son tomadas con importancia. Muchas veces, se trabaja para aumentar la fiabilidad de los equipos con el objetivo de minimizar el tiempo necesario en corregir los problemas que surgen.

2. Tiempos de reparación y ajuste de los equipos

Cuando finaliza la producción de cierto producto y el equipo se ajusta para comenzar otro tipo de producto, se realiza una pérdida durante el cambio y preparación, ya que aparecen tiempos muertos en su ajuste inclusive piezas defectuosas, es decir las primeras piezas que son procesadas no cumplen con la calidad específica ya que salen como prueba para poder ajustar el equipo correctamente. Para disminuir este tipo de pérdidas existe una herramienta llamada SMED (intercambio rápido de herramientas).

3. Tiempo en vacío y paradas cortas

Se produce una parada menor cuando el equipo se interrumpe como consecuencia de una anomalía. En general las paradas menores se remedian fácilmente y pasan sin importancia ya que son difíciles de cuantificar en comparación de las averías.

4. Funcionamiento a velocidad reducida

Las pérdidas de microparos o velocidad reducida, se refiere a la diferencia entre la velocidad que el equipo está diseñado para su funcionamiento y la velocidad en que está operando. Esta diferencia se realiza en ocasiones por problemas mecánicos o

el miedo de sobre utilizar el equipo, ocasionando que se descomponga y llevarlo a un mantenimiento que lleve tiempo en corregir.

5. Defectos de calidad y repetición de trabajos

Detrás de un problema de calidad se pueden ocultar varios factores relacionados con los materiales que son utilizados, la operación en que es llevado a cabo el proceso, la importancia que el operador tenga, pero también se le puede incluir el desgaste del equipo de producción.

En general, los defectos de calidad y la repetición de trabajos da como consecuencia el mal funcionamiento del equipo de producción, el cual genera pérdidas de tiempo e inversión, ya que se fabrican artículos defectuosos y no cumplen con la calidad exigida del cliente.

6. Puesta en marcha

Las pérdidas por puesta en marcha se producen desde el instante del arranque hasta la estabilización, pues depende del nivel de mantenimiento que se le dé al equipo y de la capacidad del operario.

4.4.8 Beneficios del tpm

TPM tiene varios beneficios, uno de los más significativos es que los gastos de mantenimiento son planeados y controlados. Otros autores mencionan algunos beneficios del TPM, como son [10]:

1. Productividad de los Equipos
 - Eliminar de raíz las causas de contaminación.
 - Mejora la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.

- Reducción de las averías en los equipos, los defectos y los accidentes.
- Reducción de costos en cuanto a las actividades planeadas para los equipos.
- Aumento de la productividad y calidad, confiabilidad del producto hacia el cliente.
- La calidad del producto mejora, y de esta manera aumenta la satisfacción del cliente, ya que estas esperan que su producto sea confiable y TPM lo puede hacer.
- Mejora la tecnología de la empresa.

2. Mejoras Corporativas

- Cuando aumenta la participación de los empleados, mejoran las relaciones entre estos y para ello la dirección debe apoyar la implicación de los mismos mediante actividades de mejora con pequeños grupos que promuevan la responsabilidad individual y en grupo.
- El TPM pretende llevar a cabo una empresa participativa y no una empresa tradicional.

3. Preparación del Personal

- Se pretende tener un personal con un alto grado de formación que permita asumir actividades con un alto grado de formación.
- Las ideas aportadas por los empleados en cuestión de los procesos son tomadas en cuenta por la empresa.
- Es de suma importancia invertir esfuerzos para aumentar los conocimientos y habilidades de los empleados para que sean capaces de mejorar y conservar el equipo de trabajo del que serán responsables.
- El TPM permite a los empleados conocer su equipo e involucrarse cada vez más en las tareas de mantenimiento, lo que provoca que los

empleados se sientan seguros y realicen su trabajo mejor, lo que aumenta la productividad.

- Al momento que los operadores se involucran en el proceso se familiarizan con las herramientas y métodos utilizados en la resolución de problemas y la velocidad con la que se resuelven aumenta.

4. Transformación del puesto de trabajo

- Mejora las condiciones ambientales.
- En cuestión de la seguridad que implica uno de los objetivos de TPM, la constancia para lograr cero averías y cero defectos.
- El personal que maneja los equipos debe estar entrenado y capacitado constantemente para corregir anomalías a tiempo.
- El entorno ambiental se convierte en un lugar limpio y organizado por medio de la aplicación de la herramienta de 5' S.

4.5 REFERENCIAS

- [1] L. P. Ritzman y L. P. Ritzman, Administración de Operaciones. Estrategia y análisis, México: PEARSON EDUCACION, 2000.
- [2] R. B. CHASE, R. F. JACOBS y N. J. AQUILANO, Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros, México: McGraw-HILL. INTEERAMERICANA, 2009.
- [3] F. Rey Sacristan, Mantenimiento Total de la Producción(TPM): Proceso de Implantación y Desarrollo, Madrid: Fundación confemental, 2001.
- [4] E. Dounce Villanueva, La productividad en el mantenimiento industrial, MÉXICO: PATRIA, 2007.
- [5] E. Dounce Villanueva, La productividad en el mantenimiento industrial, México: PATRIA, S.A. DE C.V., 2011.
- [6] L. C. Arbós, Gestión del mantenimiento de los equipos productivos: organización de la producción y dirección de operaciones, Madrid: Díaz de Santos, 2012.
- [7] A. Villaseñor Contreras y E. Galindo Cota, Conceptos y reglas de Lean Manufacturing, México: LIMUSA, 2007.
- [8] L. Cuatrecasas Arbos y F. Torrell Martinez, TPM EN UN ENTORNO LEAN MANAGEMENT: Estrategia competitiva, Barcelona: Profit Editorial, 2010.
- [9] M. Rajadell y J. L. Sanchez, Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad, S.L.: DIAZ DE SANTOS, 2010.
- [10] L. Cuatrecasas Arbos y F. Torrell Martinez, TPM EN UN ENTORNO LEAN MANAGEMENT: Estrategia competitiva, Barcelona: Profit, 2010.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento ha sido visto como una oportunidad de mejora en los procesos productivos, llevando a la empresa hacia un ambiente competitivo. Para implementar el Mantenimiento Productivo Total se realiza una serie de fases para su desarrollo.

En Lean Manufacturing el objetivo de implantar el Mantenimiento Productivo Total asegurarse de que cada máquina en el piso de producción siempre esté disponible para ser utilizada según el programa de producción, la cual provoca que esta nunca se detenga [1].

5.1 RAZONES PARA IMPLEMENTAR EL TPM

Hay varias razones por las cuales se implementa el Mantenimiento en una industria, ya que como se ha ido mencionando es una oportunidad hacia la competitividad. A continuación se muestran algunas razones para su implementación [2].

- El aumento de la competencia en los mercados, así como el incremento de las exigencias de los clientes en precio, calidad, plazo de entrega y competencia tecnológica.
- El deterioro de los antiguos equipos y sofisticación de los nuevos.
- La profesionalización cada vez más acusada de los operarios.

- El incremento de la seguridad laboral, reducción de riesgos laborales, polución y contaminación, en relación a puestos de trabajo más ergonómicos, ordenados y limpios.
- La reducción de los periodos de amortización de las inversiones (pay back) y la búsqueda constante del incremento de la rentabilidad de los procesos a corto plazo.
- Evitar, reducir o apilar los efectos de las seis grandes pérdidas.

De esta manera se ha llevado a la implementación del Mantenimiento Productivo Total para prevenir accidentes y ayudar a mantener la productividad. Actualmente la producción se rige por tres ejes fundamentales: costo, plazo y calidad, y el mantenimiento surge como la única función operacional que influye y mejora estos tres ejes. Aumento de la confiabilidad de los equipos, bajo costo de producción como resultado de mantenimiento optimizado, gestión de repuestos y alta calidad de producto, son metas que se pueden alcanzar solamente cuando operación y mantenimiento trabajan juntos, escribió Lourival Augusto Tavares [3].

5.2 ETAPAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Al hablar de confiabilidad del equipo se debe de tener en cuenta el mantenimiento del equipo productivo, es decir que el equipo se encuentre en condiciones seguras y listas para iniciar el proceso, de este modo debe contar con las piezas adecuadas y en buen estado, esto se realiza por medio un cambio de piezas que se encuentran almacenadas y listas para cambiarse cuando sea necesario.

En la tabla 5, se describen las etapas para llevar a cabo la implementación del Mantenimiento Productivo Total.

Tabla 5. Etapas del TPM [4]

Fase	Etapas	Aspectos de Gestión
1. Preparación	1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa.	La alta dirección hace público su deseo de llevar a cabo un programa TPM a través de reuniones internas, boletines de la empresa, etc.
	2. Información sobre TPM.	Campañas informativas a todos los niveles para la introducción del TPM.
	3. Estructura promocional del TPM.	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM. Crear una oficina de promoción del TPM.
	4. Objetivos y políticas básicas TPM.	Analizar las condiciones existentes; establecer objetivos, prever resultados.
	5. Plan maestro de desarrollo del TPM.	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean para ello.
2. Introducción	6. Arranque formal del TPM.	Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores y empresas o entendidas relacionadas.
3. Implementación	7. Mejorar la efectividad del equipo.	Seleccionar un(os) equipo(s) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar.
	8. Desarrollar un programa de Mantenimiento Autónomo.	Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada.
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado.	Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo o el predictivo.
	10. Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento.	Entrenar a los líderes de cada grupo que después enseñaran a los miembros del grupo correspondiente.
	11. Gestión temprana de equipos.	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad y mantenibilidad.
4. Consolidación	12. Consolidación del TPM y elevación de mesas.	Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua, que puede basarse en la aplicación del ciclo PDCA.

Una parte muy importante es la comunicación por parte de la dirección hacia las áreas de la empresa acerca del cambio que se realizará a partir del TPM, con estas etapas se logra la motivación, y compromiso en todos los niveles con el fin de eliminar los despilfarros. Sin embargo, estas etapas se pueden ver modificadas al aplicarlas a una empresa o planta específica, ya que cada una de estas es diferente.

A continuación se describen las cuatro fases que se acaban de presentar, cada una de las cuales está dividida a su vez en varias etapas.

5.2.1 Fase de preparación

Esta fase es fundamental para establecer una planificación cuidadosa del programa TPM que evite o limite al máximo futuras modificaciones durante su implantación, las cuales pueden dar lugar a un retraso.

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

La alta dirección debe informar a todos los empleados y órganos empresariales de su intención de implantar el TPM y transmitir su entusiasmo por el proyecto. Esto puede llevarse a cabo a través de reuniones internas, boletines informativos, etc. donde se explica el concepto, metas y resultados esperados.

Antes de dar este paso va a resultar imprescindible que la alta dirección tenga la completa convicción, primero, de la necesidad y, segundo, de la utilidad de implantar un programa TPM.

Si no existe un fuerte y sincero compromiso por su parte que promueva la creación de un entorno favorable al cambio, cualquier esfuerzo, sería inútil.

Etapa 2: Información sobre TPM

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

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

Un problema especialmente importante a superar es el de convencer a los operarios de producción de que vale la pena la instauración del programa TPM, aunque ello suponga que deberán dedicar una parte de su tiempo a limpiar y mantener en correcto orden de funcionamiento a su equipo de producción, en lugar de estar produciendo.

Etapa 3: Estructura promocional del TPM

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

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

- El presidente o gerente de la compañía será el líder del comité de promoción del TPM en la empresa.
- El director de cada planta será el líder del comité de promoción del TPM en la planta.
- El director de cada módulo será el líder del comité de promoción del TPM en su sección.
- Habrá pequeños grupos locales o multidisciplinarios, que formaran pequeños grupos de trabajo TPM, y cada uno de ellos dispondrá de un líder cualificado.
- Se entrenara y formara a los operarios.

Sera conveniente crear una oficina de promoción del TPM encargada de promover y desarrollar estrategias eficaces para la promoción del TPM. El rol que jugara esta oficina ira variando conforme se avance en la implantación.

Etapa 4: Establecer políticas básicas TPM y fijar objetivos

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

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

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

Etapa 5: Desarrollo de un plan maestro TPM

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

1. Establecimiento de un programa de Mantenimiento Autónomo llevado a cabo por los propios operarios.
2. Mejora la efectividad del equipo.
3. Establecimiento de un programa de Mantenimiento Planificado por personal de mantenimiento.
4. Aseguramiento de la calidad.
5. Gestión temprana de equipos.
6. Formación y entrenamiento para aumentar aptitudes personales.

5.2.2 Fase de Introducción

Etapa 6: Arranque del TPM

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

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

5.2.3 Fase de implantación

En esta fase se desarrollan las actividades planificadas, se asignan los responsables y se acuerdan las fechas de implantación de las mismas, con el fin de caer en demoras y retrasos excesivos, ya que esto se da cuando se inicia con un nuevo sistema de gestión. Es importante tener planes para cada objetivo, una fecha y un responsable.

Etapa 7: Mejorar la efectividad del equipo

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

Se recomienda que la efectividad ideal se obtenga cuando el tiempo de parada es igual a 0, la velocidad es igual a la que exige el proceso, y se obtiene cero defectos en la calidad y cantidad de los productos o servicios que se están elaborando.

Al multiplicar los tres factores: D= Disponibilidad, Er = Eficiencia del rendimiento y T_{cp} = Tasa de calidad de productos, se obtiene la efectividad global del equipo igual a E_{ge} [5].

En donde:

Tabla 6. Tabla del factor de efectividad frente a las seis grandes pérdidas [5]

Factor de efectividad		Las seis grandes pérdidas
D	Tiempo de parada	Falla del equipo Cambios de útiles y ajustes
Er	Velocidad	Tiempos en vacío Desigualdad o discrepancia entre velocidad de diseño y real
T _{cp}	Defectos	De procesos (retrabajos) De arranque hasta llegar a la producción estable

Analizando los términos de efectividad se tiene que la disponibilidad (D) de un equipo o tiempo de parada puede ser ocasionado por una falla o por el cambio de útiles, este tipo de pérdidas frecuentemente se presentan al operar.

1. Pérdida por una falla: Este tipo de falla se presenta en el equipo o en forma eventual.

El TPM trata de llegar a la meta de cero fallas por equipo de las cuales considera las siguientes acciones:

- Preservar las condiciones del equipo.
- Operar el equipo según normas.
- Reparar las causas, no solo las fallas.
- Corregir debilidades del diseño.

2. Pérdida por cambio de útiles: En este tipo de pérdidas el equipo trabaja pero con menor eficiencia.

Este tipo de pérdidas se originan por la necesidad de preparar el equipo para realizar un nuevo producto. El TPM trata de llegar a la meta de cero ajustes por equipo y para lograrlo se tienen las siguientes acciones:

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

De la tabla 6 se analizara el factor de eficiencia del rendimiento (E_r), la tercera perdida por causa de tiempos en vacío. Originadas por problemas breves que suceden en el equipo y el operador al darse cuenta da rápida solución, parece que no afecta al proceso pero lo contrario suele suceder, ya que puede afectar pérdidas muy significativas. La meta en el TPM es cero tiempos en vacío por equipo.

- Observar cuidadosamente de los equipos que causan esta falla hasta que se repita el problema al fin de analizarlo y corregirlo.
- Corregir defectos leves (suciedad, pequeñas abolladuras, tornillos o remaches flojos).

Ahora analicemos la segunda parte del factor de eficiencia del rendimiento (E_r), (pérdidas por velocidad reducida). Ocurre cuando existe menor velocidad de operación con respecto a la que debería tener el equipo de acuerdo a su diseño.

Del mismo modo analicemos la primera fase del factor tasa de calidad de productos (T_{cp}), pérdidas por proceso, esto sucede cuando un equipo realiza su producto con fallas, es decir que se encuentre fuera de los estándares de calidad y por consiguiente se tengan que realizar trabajos adicionales para cumplir con las características adecuadas de calidad, ya que dicho producto puede o no repararse.

El TPM tiene la finalidad de cero defectos de proceso por equipo, y para eliminarlos se tienen las siguientes acciones:

- Realizar adecuados diagnósticos para llegar a las causas que provocan dicho defecto.
- Investigar cuidadosamente las condiciones actuales.
- Revisar frecuentemente las posibles causas.

Las pérdidas por arranque se generan por que el equipo se encuentra de una posición estática hasta la producción estable.

La finalidad del TPM con respecto a esta pérdida de arranque por equipo señalado por el proveedor se toma en cuenta las siguientes acciones:

- Revisión del tiempo mínimo de arranque que promete al proveedor de la máquina.
- Buscar en el mercado maquinas similares que nos ofrezcan el mismo o mejor servicio, pero con menor tiempo de entrega.
- Cuando un equipo es capaz de cumplir con el tiempo mínimo de arranque se llega a la primera meta.

Etapa 8: Establecer un programa de Mantenimiento Autónomo.

El mantenimiento autónomo es una de las características más inherentes al TPM. De hecho, la especialización producción-mantenimiento (los operarios manejan el equipo, el personal de mantenimiento lo reparan), se mantiene vigente hasta que aparece el mantenimiento autónomo en un programa TPM.

En consecuencia, tras la implantación del TPM, los operarios de producción participan en las funciones de mantenimiento diarias y en actividades de mejora que evitan el deterioro acelerado.

Etapa 9: Establecimiento de un programa de mantenimiento planificado

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

Etapa 10: Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento

Para desarrollar un mantenimiento eficaz es importante mejorar las habilidades de los recursos que dispone la empresa. Por ello, es importante que en las primeras etapas convenga realizar un gran esfuerzo en la formación de los empleados. Una vez puesto en marcha el TPM, se evaluará periódicamente a cada persona para fijar planes de formación para la fase siguiente, y consolidar objetivos futuros.

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

El programa de gestión temprana tiene como objetivos la prevención del mantenimiento y un diseño de nuevos equipos que minimicen el mantenimiento e incluso estén exentos de él. Para tener estos objetivos es necesario actuar desde el nacimiento hasta su madurez.

Se habla del ciclo de vida de una pieza del equipo o de una parte del mismo. El TPM trata de minimizar el coste económico del ciclo de vida de un sistema empezando en las fases tempranas del desarrollo del mismo: fases de planificación de inversiones en equipos, de diseño, de fabricación, de instalación, de pruebas y arranque.

5.2.4 Fase de consolidación

Etapa 12: Consolidación del TPM y elevación de los objetivos

El último paso de un programa TPM es mantener y perfeccionar las mejoras obtenidas a lo largo de cada una de las etapas anteriores. Hay que cuantificar el

progreso alcanzado y darlo a conocer a todos los empleados para que comprendan y valoren las consecuencias de su trabajo diario. De esta manera, adoptar la filosofía de mejora continua, revisando los objetivos establecidos.

5.3 EJEMPLO PARA EL CÁLCULO DE EFECTIVIDAD DEL TPM

El mantenimiento productivo total es una herramienta la cual trata de inculcar a todos los operadores que las labores de mantenimiento no solo son para el personal asignado de mantenimiento, si no para que ellos mismos puedan realizar el mantenimiento a su propia máquina [6].

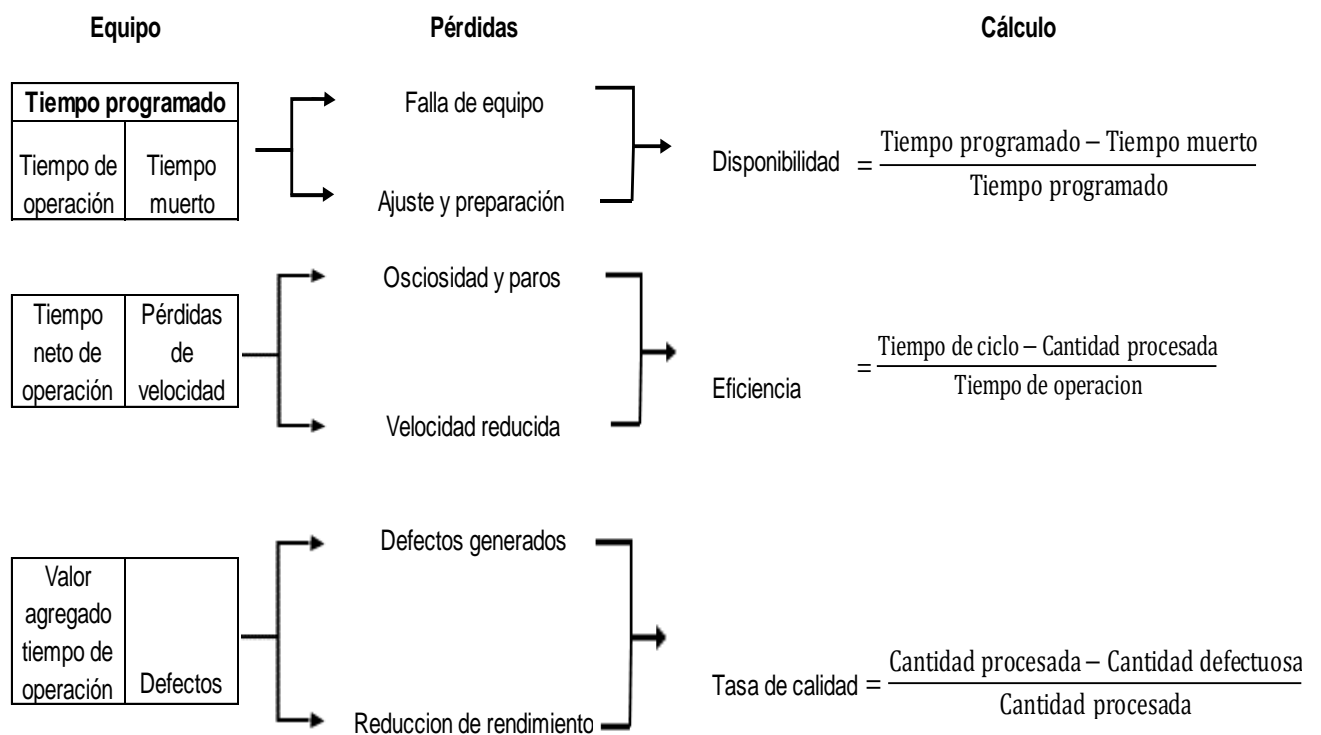


Figura 13. Esquema para el cálculo de la efectividad del TPM [6]

A continuación se presenta un ejemplo para el cálculo de efectividad del TPM tomando en cuenta la información mostrada en la figura 13.

Por datos históricos se conoce que, en promedio una maquina esta parada 1.25 horas por turno, debido a una avería que está siendo investigada. En promedio se producen 2500 cajas de 36 frascos cada una y los registros de calidad indican que en el pasado la fracción promedio defectuosa de esta máquina ha sido 1.2%. La máquina ha sido diseñada para envasar 250 frascos por minuto.

- a. ¿Cuál es la efectividad del TPM?
- b. Si se implementa un programa TPM que hace que la máquina mejore un 50% su tiempo muerto por averías y por ende, reduzca en un 40% la cantidad de producto defectuoso, ¿Cuál es la nueva efectividad y en qué porcentaje mejoro?

Solución:

- a. Tiempo programado = $8 \times 60 = 480$ minutos
Tiempo muerto = $1.25 \times 60 = 75$ minutos

$$\text{Disponibilidad (D)} = \frac{\text{Tiempo programado} - \text{Tiempo muerto}}{\text{Tiempo programado}} = \frac{480 - 75}{480} = 0.8437$$

Tiempo de ciclo = $1/250 = 0.004$ minutos por frasco

Cantidad procesada = $2500 \times 36 = 90000$ frascos

Tiempo de operación = $480 - 75 = 405$ minutos

$$\text{Eficiencia (E)} = \frac{\text{Tiempo de ciclo} \times \text{Cantidad procesada}}{\text{Tiempo de operación}} = \frac{0.004 \times 90000}{405} = 0.8889$$

Cantidad defectuosa = 90000 × 0.012 = 1080 frascos

$$\text{Tasa de calidad (C)} = \frac{\text{Cantidad procesada} - \text{Cantidad defectuosa}}{\text{Cantidad procesada}} = \frac{90000 - 1080}{90000} = 0.988$$

ETPM = D (disponibilidad) × E (eficiencia) × C (tasa de calidad)

$$= 0.84375 \times 0.8889 \times 0.988 = 0.741$$

La eficiencia del TPM sería del 0.741 o del 74.1%.

b. Tiempo programado = 8 × 60 = 480 minutos

$$\text{Disponibilidad (D)} = \frac{\text{Tiempo programado} - \text{Tiempo muerto}}{\text{Tiempo programado}} = \frac{480 - 37.5}{480} = 0.9218$$

Tiempo de ciclo = 1/250 = 0.04 minutos por frasco

Cantidad procesada = 2500 × 36 + (75 - 37.5) × 250 = 99375 frascos

Tiempo de operación = 480 - 37.5 = 442.5 minutos

$$\text{Eficiencia (E)} = \frac{\text{Tiempo de ciclo} \times \text{Cantidad procesada}}{\text{Tiempo de operación}} = \frac{0.004 \times 99375}{442.5} = 0.8983$$

Cantidad defectuosa = 90000 × 0.012 × 0.6 = 648 frascos

$$\text{Tasa de calidad (C)} = \frac{\text{Cantidad procesada} - \text{Cantidad defectuosa}}{\text{Cantidad procesada}} = \frac{99375 - 648}{99375} = 0.99348$$

$$\text{ETPM} = D \times E \times C = 0.921875 \times 0.8983 \times 0.99348 = 0.8227$$

$$\% \text{ de incremento} = \frac{0.8227 - 0.741}{0.741} \times 100 = 11.03\%$$

La eficiencia con la introducción de los principios del TPM es 0.8227 o 82.27%, lo cual significa una mejora del 11.03% sobre la eficiencia anterior.

Con este resultado obtenido se puede apreciar la bondad de introducir el TPM como un mecanismo para incrementar la productividad en cada una de las actividades, con estos resultados se tiene que al disminuir el tiempo de paros aumenta la eficiencia y de la misma manera se reducen los costos.

Por otro lado, para determinar la inversión requerida para un plan de mantenimiento de acuerdo a las necesidades de la instalación se necesitan de las siguientes averiguaciones:

1. Lista de averías totales que son reparadas, incluyendo los repuestos utilizados, medios de transporte y recursos humanos.
2. Detalle de los tiempos de reparación.
3. Coste de cada una de las reparaciones, detallando los repuestos, materiales auxiliares, transportes y horas/hombre.
4. Relación de daños ocasionados por cada fallo o parada.

Toda esta información debe estar basada a un periodo de tiempo justamente representativo, con respecto a un año o más.

La valoración de todos estos datos puede dar, principalmente una idea acerca de los beneficios de un adecuado plan de mantenimiento. En segundo lugar el valor de los costes por fallos, incluyendo los derivados por improducción, esto permite un aproximado de la inversión requerida para implantar un plan de mantenimiento.

Los gastos para poder implementar un plan de mantenimiento se dividen de la siguiente manera:

1. Coste de la instrumentación, instalaciones y equipamiento necesario.
2. Coste de las modificaciones en los equipos y en la instalación existente.
3. Coste del personal encargado de realizar la implantación del plan.
4. Preparación y adiestramiento del personal encargado de ejecutar el plan.
5. Coste del personal destinado a ejecutar el plan.
6. Coste del mantenimiento del plan.

Como se muestra siempre habrá un gasto inicial que será requerido para implantar un plan de mantenimiento. De otro modo, de nada sirve invertir si no se pone en marcha.

En la figura 14 se muestra como al incrementar el grado de mantenimiento implantado en la planta, evolucionan los costes de la inversión en el plan de mantenimiento (claro está que aumentarán) y los costes derivados de las averías y reparaciones (estos disminuirán). La suma total de ambos es el total en mantenimiento.

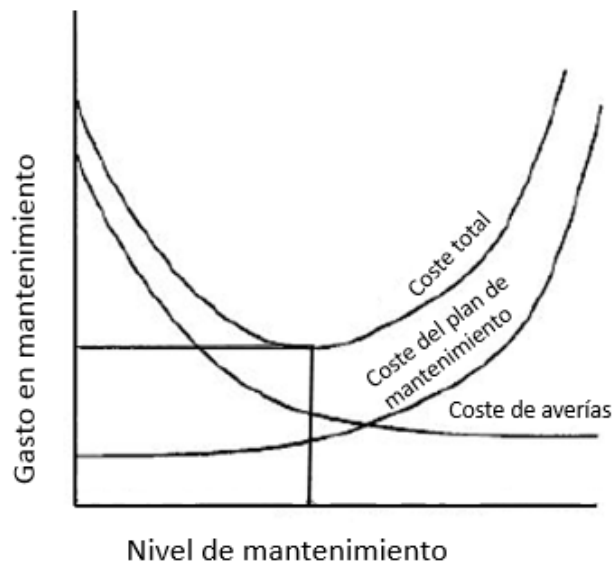


Figura 14. Coste del mantenimiento [7]

Como se puede observar hay una zona en la que el gasto total se minimiza. Con niveles de mantenimiento por debajo de este valor, se tendría que la inversión realizada es inferior a la que produciría el nivel de mantenimiento más rentable, mientras que con inversiones superiores a las del valor referido, no disminuirán de forma rentable los costes derivados de las averías y reparaciones. Por tanto, puede afirmarse que para cada instalación existe una inversión óptima en mantenimiento, por encima de la cual si bien los costes derivados de las averías y reparaciones siguen disminuyendo, no lo hacen en la misma proporción que la inversión requerida para ello; por lo que, en definitiva, dejan de ser rentables los incrementos realizados en la inversión en mantenimiento [7].

5.4 REFERENCIAS

- [1] A. Villaseñor Contreras y E. Galindo Cota, Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica, Monterrey: LIMUSA, 2009.
- [2] M. Rajadell y J. L. Sanchez, Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad, S.L.: DIAZ DE SANTOS, 2010.
- [3] I. Rodríguez, «Mantenimiento incide en la productividad,» *MANUFACTURA. INFORMACIÓN ESTRATEGICA PARA LA INDUSTRIA*, 2013.
- [4] L. Cuatrecasas Arbos y F. Torrell Martinez, TPM EN UN ENTORNO LEAN MANAGEMENT: Estrategia competitiva, Barcelona: Profit, 2010.
- [5] E. Dounce Villanueva, Un enfoque analítico del mantenimiento industrial, México: CECOSA(COMPañIA EDITORIAL CONTINENTAL S.A.), 2009.
- [6] J. A. Acuña, Ingeniería de Confiabilidad, Costa Rica: Tecnologica de Costa Rica, 2003.
- [7] F. C. Gómez de Leon, Tecnologia del mantenimiento industrial, Murcia: Universidad de Murcia, 1998.

6.1 CONCLUSIONES

Con el trabajo realizado se corroboró que utilizando las herramientas de la filosofía de *Lean Manufacturing* se pueden obtener grandes beneficios en las fases operativas de la empresa, tomando como punto de partida la implementación de las 5'S, ya que con esta herramienta se identifican de manera más clara los errores como: la suciedad de los equipos, la mala organización y los controles que deben llevarse en el proceso, dado que esta esta herramienta se debe aplicar en cualquier organización.

Lean manufacturing ayuda a tener grandes beneficios si se implementa adecuadamente de acuerdo a las herramientas que se involucran. La base de esta filosofía es eliminar el desperdicio que se genera, ya sean recursos o procesos que no agreguen valor al producto y que el cliente no esté dispuesto a pagar. Por otra parte un programa de mejora continua incluyente nos permite involucrar a los trabajadores de la empresa, tomar en cuenta sus ideas de mejoras en el proceso y de esta manera contar con su participación para monitorear el progreso de la mejora.

El factor humano en una empresa es el más importante, pues de él depende que se realicen la mayor parte de las actividades. Cuando una empresa capacita a sus trabajadores se genera un mayor número de beneficios, como se menciona en el desarrollo del trabajo propuesto, se necesitan procesos adecuados para realizar un artículo de calidad acorde a las necesidades de los cliente.

Lean manufacturing dentro de una empresa es una filosofía que ayuda a mostrar los errores que se ocultan en sus procesos, los métodos que debe de llevar a cabo en el proceso para reducir los tiempos de entrega y eliminar las operaciones que no agreguen valor al proceso. Su implementación va a depender de las condiciones en que se encuentre el área de trabajo.

6.2 TRABAJOS FUTUROS

Se propone aprovechar el trabajo realizado como punto de partida para aplicar la herramienta de Justo a tiempo, cuyo significado según APICS Dictionary lo define de la siguiente manera: Filosofía de manufactura basada en la eliminación planeada de todo desperdicio y una mejora continua de la productividad. Los elementos principales de justo a tiempo es tener solo el inventario cuando este se requiere, mejorar la calidad hasta llegar a cero defectos, reducir los plazos de entrega al reducir los tiempos de preparación y puesta en marcha, revisar las operaciones mismas y lograr todo esto a un costo mínimo.

El estudio de llevar a cabo la implementación de justo a tiempo es poner en marcha todas las herramientas de lean manufacturing, así como tomar en cuenta las necesidades requeridas por el cliente. El tener que implementar esta filosofía de justo a tiempo es fabricar los artículos necesarios en las cantidades requeridas, eliminando así el desperdicio de material, procesos y tiempo, este último es un factor muy importante dado que su empleo adecuado depende en gran medida el éxito de las actividades.

Para poder llevar a cabo todo este conjunto de herramientas es necesario involucrar a los proveedores, clientes y a los operadores, éstos últimos son los responsables de realizar las actividades necesarias para que los artículos fabricados lleguen a las manos de los clientes, por lo que es necesario capacitarlos para que adquieran las habilidades necesarias y con ello buscar incrementar la productividad en sus labores realizadas.

Lo que se busca con la implementación del justo a tiempo es eliminar cualquier desperdicio que genere costos, mejorar la calidad del producto y reducir los problemas que se generan con respecto al adecuado funcionamiento de los equipos.

Glosario

Término	Definición
5 S	Se denomina 5 'S, debido a que se refiere a la creación de mantener limpias, organizadas y seguras las áreas de trabajo y así mismo darle una impresión con más calidad de vida al puesto de trabajo.
Defecto:	Un defecto es un producto que se desvía de las especificaciones o no satisface las expectativas del cliente, incluyendo los aspectos relativos a seguridad.
Demanda del cliente	La cantidad de partes requeridas por el cliente.
Despilfarro	Actividades que consumen tiempo, recursos y espacio, pero no contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente.
<i>Kaizen</i>	Pequeñas mejoras diarias hechas por todos. <i>Kai</i> significa "tomar una parte" y <i>zen</i> significa "hacerlo bien". El punto de la implantación del <i>kaizen</i> es la eliminación total del desperdicio. También significa mejoramiento continuo que involucra a todos (gerentes y trabajadores por igual).
<i>Kanban</i>	<i>Kanban</i> significa "tarjeta o registro visible" , la cual se implanta en forma de administración visual, por medio de diversas señales como; cuadros, tarjetas, contenedores, luces, etc.
<i>Kanban</i> de proceso	<i>Kanban</i> de proceso: Indica la cantidad a producir por el proceso anterior, teniendo en cuenta sus características. También conocido como <i>Kanban</i> para hacer algo.
Kanban de proveedor	Kanban proveedor: Es utilizado como señal para indicar que se necesita retirar partes desde un proveedor externo y trasladar a un supermercado de partes para los consumidores de los siguientes procesos.
Kanban de retiro	Kanban de retiro, También conocido como <i>Kanban</i> para mover, el cual sirve como señal para retirar algo del inventario.
Lean	Abreviatura de Lean Manufacturing (Manufactura esbelta)- un paradigma de la manufactura basado sobre el fundamento de la meta del Sistema de producción Toyota: minimizar los desperdicios y aumentar el flujo.
Mantenimiento productivo total	El Mantenimiento productivo total es una serie de técnicas para asegurar que maquinas o equipos del proceso de producción están siempre disponibles para realizar las tareas necesarias.
Muda	Palabra japonesa cuyo significado es desperdicio

Operación	Una o más actividades realizadas sobre un producto por una sola máquina.
<i>Poka Yoke</i>	Es una técnica para evitar los simples errores humanos en el trabajo.
Proceso	Una serie de operaciones individuales necesarias para diseñar un producto, completar un pedido o fabricar un producto.
Producción ajustada	Es debido a las grandes transformaciones de economía, los clientes son cada vez más exigentes, informados y conscientes del papel importante que juegan, porque son quienes valoran el producto
Producción desnivelada	Es aquella donde se esconden defectos tanto de producto como de procesos, que afectan la producción de la empresa.
Señal Kanban	Tarjeta que indica el número de partes que se requiere producir en la operación para surtir lo que se ha tomado del supermercado.
<i>Takt time</i>	Es la demanda del cliente traducida en minutos o segundos y es el indicador para producir. Marca el ritmo de producción y controla la sobreproducción y los inventarios en procesos.
Tarjeta roja	Etiquetas usadas en la implementación de 5 S para identificar los artículos que no son necesarios o que están en el lugar equivocado.
Tiempo de ciclo	Es el lapso que traspasa desde que inicia un proceso u operación hasta terminarla.
Trabajo estandarizado	Es un conjunto de procedimientos de trabajo que establecen el mejor método y secuencia para da proceso.