

# Maintenance Management Model based on Lean Manufacturing to increase the productivity of a company in the Plastic sector

Victor Ames<sup>1</sup>, Walter Vásquez<sup>1</sup>, Iliana Macassi, Msc<sup>1</sup> and Carlos Raymundo, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú U201111987@upc.edu.pe, U912570@upc.edu.pe and pcadlmac@upc.edu.pe

<sup>2</sup> Dirección de Investigaciones, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú carlos.raymundo@upc.edu.pe

*Abstract– The current demand of the plastic sector has been increasing, managing to exceed the productivity of SMEs in developing countries such as Peru. Within this framework, the demand is greater than the supply due to the low production of the companies, which present a high index of hours due to lack of maintenance of the machines. The purpose of solving the main problem is to reduce the hours of low productivity that represent a great monetary loss for the company. That is why, by implementing this maintenance management model that is based on Lean Manufacturing, it will allow for a broad competitive advantage in the sector. This model was validated by implementing the TPM and SMED tools of the Lean Manufacturing philosophy within the plastics plant, achieving results that determine the degree of improvement of productivity in the company. Finally, after having validated the model, it is concluded that it could increase the capacity used by the company by 20% with the reduction of the changes.*

*Keywords— Plastic, Lean Manufacturing, TPM, SMED, Kanban.*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.33>  
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

# Modelo de Gestión de mantenimiento basado en Lean Manufacturing para incrementar la productividad de una empresa del sector de Plástico

Victor Ames<sup>1</sup>, Walter Vásquez<sup>1</sup>, Iliana Macassi, Msc<sup>1</sup> and Carlos Raymundo, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú  
U201111987@upc.edu.pe, U912570@upc.edu.pe and pcadlmac@upc.edu.pe

<sup>2</sup> Dirección de Investigaciones, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú  
carlos.raymundo@upc.edu.pe

**Resumen**—La demanda actual del sector de plástico ha ido incrementando, logrando sobrepasar la productividad de las PYMES en los países en desarrollo como Perú. Dentro de este marco, la demanda es mayor que la oferta debido a la baja producción de las empresas, que presentan un alto índice de horas por falta de mantenimientos de las máquinas. La finalidad de resolver el problema principal es reducir las horas de baja productividad que representan una gran pérdida monetaria para la empresa. Es por ello, que al implementar este modelo de gestión de mantenimiento que es basado en Lean Manufacturing permitirá tener una amplia ventaja competitiva en el sector. Este modelo se validó implementando las herramientas TPM y SMED de la filosofía de Lean Manufacturing dentro de la planta de plásticos, logrando obtener resultados que determinan el grado de mejora de la productividad en la empresa. Por último, después de haber validado el modelo se concluye que podría incrementar la capacidad utilizada de la empresa en un 20% con la reducción de las mudas.

**Palabras Claves**—Plástico, Lean Manufacturing, TPM, SMED, Kanban.

**Abstract:** The current demand of the plastic sector has been increasing, managing to exceed the productivity of SMEs in developing countries such as Peru. Within this framework, the demand is greater than the supply due to the low production of the companies, which present a high index of hours due to lack of maintenance of the machines. The purpose of solving the main problem is to reduce the hours of low productivity that represent a great monetary loss for the company. That is why, by implementing this maintenance management model that is based on Lean Manufacturing, it will allow for a broad competitive advantage in the sector. This model was validated by implementing the TPM and SMED tools of the Lean Manufacturing philosophy within the plastics plant, achieving results that determine the degree of improvement of productivity in the company. Finally, after having validated the model, it is concluded that it could increase the capacity used by the company by 20% with the reduction of the changes.

**Keywords**—Plastic, Lean Manufacturing, TPM, SMED, Kanban.

## I. INTRODUCCIÓN

La organización global de asociaciones nacionales y europeas de la industria de los plásticos [1]; reconoce que el plástico ha contribuido desde el siglo xx en principales avances tecnológico. Es por ello que las empresas que

pertenecen al mismo sector de plástico han registrado un gran crecimiento de la productividad y rentabilidad en países. El índice de crecimiento en los últimos años se ha registrado de manera anual en un 4% y 5%, debido a la acogida a nivel mundial por los materiales poliméricos. Debido a ello, se evidencia que América Latina representa el 4.4% de la producción mundial, logrando superar a las industrias japonesas y la comunidad de los Estados Independientes (Commonwealth of Independent States [CIS]) [2]. La revista de la asociación peruana de plásticos [3], da a conocer el consumo promedio anual por habitantes en los países en América Latina, siendo el Perú un consumidor de 30 kilos por habitante (kg/hab), Brasil de 37 kg/hab, Argentina de 44 kg/hab; y Chile en 50 kg/hab. Se evidencia que el sector de plástico ha ido adquiriendo una posición sólida en el mercado peruano, pero esto no quiere decir que sus procesos brinden un producto o servicios con alto índices de eficiencia. Dentro del contexto latinoamericano es importante resaltar que la demanda sobrepasa cuantiosamente la oferta, es por ello que al maximizar la producción se aseguran las ventas.

El caso de Productivity Latinoamerica, explica como una empresa perteneciente al rubro plásticos se enfrentaría al constante reto de poder cumplir con las entregas a tiempo, el problema se debe a una cadena directa derivada de paradas no planificadas en la operación. Como solución ante este caso, se implementó la herramienta Valué Stream Map determinando las pérdidas por avería y mermas en la producción como también se aplicó la metodología de Mantenimiento Productivo Total(TPM). Por último, una vez analizado el OEE, se aplicó la herramienta SMED para reducir el tiempo de setup en el procedimiento de las maquinarias.

La motivación de esta investigación es contribuir a mejorar la baja producción que presentan los países en vías de desarrollo, el cual presentan como característica en común un modelo de gestión de mantenimiento. Por este motivo, el objetivo es aumentar la productividad a través de la reducción de mudas bajo el enfoque de Lean Manufacturing [4]. Para este objetivo de este artículo, tuvo como soporte las herramientas: 5'S, TPM, Kanban, SMED, Rediseño de Layout, gestión de inventarios y una gestión de inventarios basado en modelos de revisión, usando como indicador al OEE que es

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.33>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

una abreviatura de Eficiencia General de los Equipos. OEE tiene en cuenta los diversos subcomponentes del proceso de fabricación: disponibilidad, rendimiento y calidad.

## II. ESTADO DEL ARTE

El autor de la investigación “El impacto de las prácticas Lean en el rendimiento operacional: una investigación empírica de las industrias de procesos de la India” [5], nos manifiesta que sus hallazgos han llevado a la conclusión de que las prácticas Lean se asocian positivamente con entregas oportunas, productividad, rendimiento de primer paso, eliminación de residuos, reducción de inventario, reducción de costos, reducción de defectos y gestión de la demanda mejorada. Sin embargo, dentro del contexto de la industria de procesos, las prácticas Lean relacionadas con la producción de extracción tuvieron un impacto marginal en la mejora del rendimiento [6].

Por otro lado, nos menciona la resistencia al cambio que existe dentro de la aplicación de la herramienta [7], que nos manifiesta que la evidencia en la India sugiere que la implementación de Lean en la fabricación pequeña y mediana empresas no es una tarea fácil, que está muy cargada por varios factores internos y externos, barreras organizacionales. Además de la identificación de las principales barreras de implementación de Lean Manufacturing en las PYMES de la India, el autor también investigó el efecto de la fabricación ajustada implementada en el desempeño de las PYMES indias. El resultado proporciona información sobre el alcance de Lean Manufacturing en pymes en el contexto indio y proporciona evidencias adicionales que las prácticas Lean son importantes para mejorar el rendimiento operativo. Los resultados muestran que todos los tres constructos Lean están significativamente relacionados con el rendimiento operativo.

La herramienta Lean Manufacturing que se utilizó en este estudio para Reducir el tiempo de preparación de la maquinaria es el SMED. [8] SMED es el Siglas inglesas de Single Minute Exchange of Die (Cambiar de series en un dígito de minuto) y es una herramienta que ayuda Las empresas reducen los tiempos de preparación al racionalizar actividades de preparación en la mayor cantidad posible, esto es realizado mientras la máquina está encendida. La herramienta se basa en reorganizar las actividades (externas e internas) de un determinado proceso y realizar algunos en paralelo para que requieran el menor tiempo posible. Es un método muy efectivo para ir reduciendo el tiempo de configuración de la máquina y ir aumentando la productividad. El concepto detrás de SMED afirma que todos los pasos y Los procedimientos de preparación deben durar menos de 10 minutos y debe garantizar que el mayor número de actividades internas sean convertidas en actividades externas, lo que significa que la mayoría de las actividades posibles se realizan mientras la máquina está encendida y no en preparación. Los beneficios de aplicar SMED son reducción de costos y lograr una mayor flexibilidad de tiempo [8].

Por otro lado, la misma autora [9] realizó una investigación en el norte de África en la cual concluyo que si bien muchos estudios muestran que la implementación generalizada sigue siendo lenta en la mayoría de los países menos desarrollados y especialmente entre las PYME. Para cumplir este objetivo, una revisión de la literatura sobre la implementación ajustada en las PYME nos permitió identificar los problemas clave investigados son la "Percepción del cambio", concientización en beneficios y desafíos de Lean Manufacturing, que existe una falta de comprensión de lo esencial de Lean entre las PYME del norte de África, que afecta los resultados que podrían ser logrado a través de su implementación y la falta de recursos con los problemas culturales son los factores más importantes que podrían enfrentar las PYME en su implementación de Lean.

## III. APOORTE

### A. Modelo Propuesto:

Durante la investigación se logró recopilar diversos artículos correspondientes a las técnicas de 5s, TPM, SMED y Kaizen. Sin embargo, los autores emplean Lean como herramientas para solucionar distintos problemas, incluso estos aún siendo de la misma técnica. El aporte del presente trabajo radica en la integración de las magnitudes más representativas de modo que estas puedan brindar resultados no solo de forma inmediata, sino también asegurando el mantenimiento de la misma mediante el desarrollo de una cultura y mejora continua. Por este motivo, se propuso el siguiente modelo propio, basado en los modelos Kotter y ADKAR:

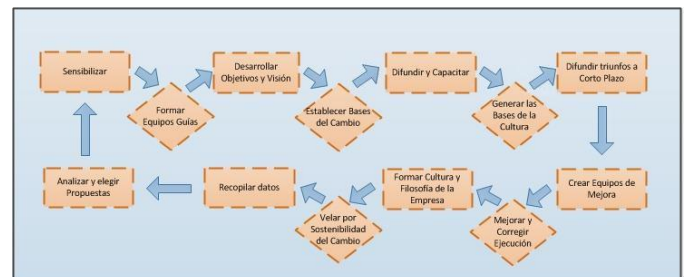


Fig. 1 Modelo Propio basado en ADKAR y Gestión del Cambio

### B. Proceso propuesta para el modelo:

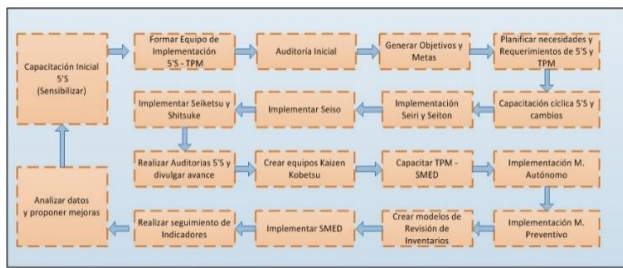


Fig. 2 Flujograma de Implementación Lean

- Etapa de Sensibilización:

En el caso de Lean Manufacturing, es importante sensibilizar sobre el problema principal y sobre la importancia de las 5S en el día a día del trabajador [10].

- Formación de Equipos y Situación Inicial:

En esta etapa se forma el equipo de implementación que debe tener características de líder para poder comunicar oportunamente todo lo acordado para esto es importante tomar en consideración no solo los cargos, sino el nivel de confianza con los demás participantes [11]. Por otra parte, hay que tener en consideración que se debe tomar una auditoría inicial para poder trazar las metas en el siguiente paso.

- Planificar Objetivos, metas y necesidades:

Una vez conocida la situación actual, es importante trazar las metas objetivo y elaborar una visión hacia donde se quiere llegar con la implementación de Lean Manufacturing, ya que no es necesario aplicar todas las herramientas, sino las que sean necesarias para el caso (Mayank, Swati, Abhishek, Harshad y Dhrudispinh)

- Capacitación Cíclica:

Es importante capacitar en los conocimientos necesarios para 5S y TPM, para lo cual se realizan capacitaciones cíclicas de esta manera no solo se instruye, sino se refuerza a largo plazo [12].

- Implementar 5S:

Ya habiendo sentado las bases del conocimiento y alertar de la importancia de este paso, es importante hacerlo paulatinamente con la aceptación de los trabajadores, un cambio brusco solo ocasionaría una resistencia al cambio y que la sostenibilidad del modelo falle. [13].

### C. Indicadores del modelo

- Nivel de Auditoría 5S (0-100%)

$$\frac{\sum \text{Nivel de cada } 5S}{5}$$

- Tiempo de Preparación de Maquinaria.

$$\frac{\sum \text{Tiempo de Preparación maquinaria}}{\text{cantidad de muestras}}$$

- Overall Equipment Effectiveness

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

- Tiempo de Transporte de Material

$$\frac{\sum \text{Tiempo de transporte}}{\text{cantidad de muestras}}$$

- Porcentaje de tiempo parado por averías

$$\frac{(\text{Tiempo parado por averías})}{(\text{Tiempo Total de producción disponible})}$$

- Capacidad Instalada

$$100\% - \frac{\text{Tiempo sin producir}}{\text{Tiempo total de producción}}$$

## IV. VALIDACIÓN

La empresa elegida para la elaboración del presente estudio es JaiPlast SRL, perteneciendo alrededor de 30 años en el sector plásticos. Se dedica a la fabricación y comercialización a base de la producción de derivados del polipropileno y poliestireno, cuya facturación anual es de 9,8 millones de dólares la cual la sitúa en la categoría de mediana empresa. El sector de la empresa se encuentra en un mercado competitivo, el cual se le da mucha importancia al precio y tiempos de producción de los artículos que se ofrecen. Actualmente la empresa posee una capacidad utilizada de 72% estando por debajo del promedio del sector (89%), esto se traduce en una baja producción.

La empresa cuenta con 4 plantas las cuales están divididas en 2 para producción y 2 de almacenaje. Además, dentro de la división de producción una se dedica exclusivamente a la elaboración de bobinas de mangas y la otra de diversos envases de plástico. Sin embargo, pese al producto de un fuerte incendio perjudicando a la planta de envases de

plásticos, gran parte de las maquinarias sufrieron daño, al igual que toda la documentación de sistema de la empresa. Es debido a esto actualmente la empresa de estudio se encuentra en un abandono evidente por el desorden y la ausencia de limpieza o seguimiento de esta.



Fig. 3 Estado Actual de la Fábrica

Según el organigrama no existen muchas “áreas”, que serían de suma importancia en una empresa de manufactura que depende de maquinaria, como es el área o gerencia de mantenimiento o un encargado del mismo. Por otra parte, al ser una empresa familiar las gerencias principales recaen en miembros de la familia y no varían en su posición.

El desarrollo del caso inicia con la identificación de las causas del problema planteado, para lo cual se observa que el Lay-out de la empresa resume en tiempos largos de recorridos innecesarios a la hora de buscar materias primas siendo una diferencia de 10 minutos, lo cual esto ocasiona pérdidas de tiempos innecesarios siendo. Esta búsqueda es originada por el hecho que el material reciclado carece de un etiquetado o diferenciación por el color o tipo de plástico (Duro o Suave) lo cual genera dificultades a la hora de la búsqueda del mismo para la producción.

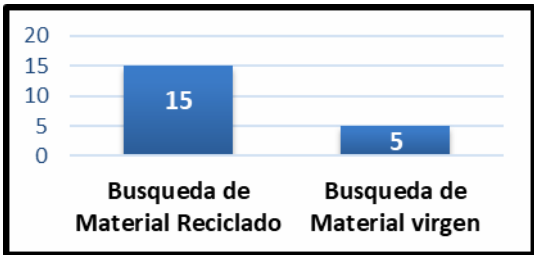


Fig. 4 Tiempo de búsqueda de materia prima Fuente: elaboración propia

Para poder evaluar los tiempos de Setup, fue pertinente realizar un muestro de 30 tomas para poder evaluar estadísticamente el comportamiento de estos, los resultados fueron los siguientes:

TABLE I  
ESTUDIO DE TIEMPO

Mediana	4191.5
Desviación estándar	791.9
Mínimo	3212
Máximo	5832

Se observa que el comportamiento de los tiempos es muy errático, no sigue un patrón y su desviación estándar es superior al 20% de su media, siendo el punto mínimo de 3212 y el máximo de 5832, por lo que podemos concluir que no existe una metodología estandarizada para la realización de este. Por otra parte, se obtuvo data de la empresa que en el 2017 se destinaron 2246 horas para la elaboración de setup, teniendo en cuenta que debemos tomar la mejor práctica de la empresa para considerar el tiempo óptimo de setup (MARIN 2010), se tomó el tiempo del técnico que fue de aproximadamente 3600 segundos (Línea Roja) y se calculó lo siguiente:

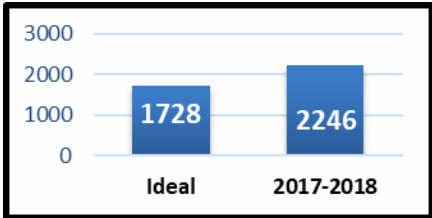


Fig. 5 Comparativa del tiempo de Setup

Estos tiempos representan en el 2017-2018 el 5.4% de la capacidad total de la empresa y el ideal solo el 4.2% de la capacidad total de la empresa, ya que la capacidad está orientada en la disponibilidad de horas de la máquina de inyección. Por este motivo, este diferencial de 289 horas se traduce en tiempos muertos y producción perdida.A causa de todo ello, se identificaron 3 problemas importantes dentro de la empresa, los cuales son: Transporte Innecesario de Materia Prima, Demoras en los tiempos de Setup y Paradas de Maquinas por reparaciones

Lo explicado anteriormente, se desarrollará de la siguiente forma:

a) Capacitación Inicial:

Según las 5’s, primero se logró sensibilizar al personal a través de capacitaciones de 5’S.

TABLE II  
CAPACITACIONES INICIALES



Herramienta	Tema	Tiempo requerido
5S	Introducción	2
	Clasificar	
	Ordenar	
	Limpiar	2
	Estandarizar	1.5
	Disciplina	1.5

b) Auditoria inicial de 5'S:

Para saber cómo se encuentra la empresa actualmente, se realizó como primera instancia una primera Auditoria, por medio de la elaboración de un formato de preguntas a los operarios y a miembros de gerencia y dirección, para lograr que vinculación. Aquello, tuvo como resultado lo siguiente:



Fig. 6 Auditoria Inicial 5S

Es evidente que el puntaje alcanzado en Clasificación está ligado a la falta de identificación de materia prima y como segundo punto de importancia es la limpieza como factor clave para tener en cuenta durante la planificación. Como segunda fase, es importante contar con un equipo de implementación el cual esté conformado por diferentes niveles de los empleados, ya que de esta manera se lograría involucrar indirectamente a todos los empleados de una empresa, por lo cual se decidió que el equipo de implementación consistiría en lo siguiente:

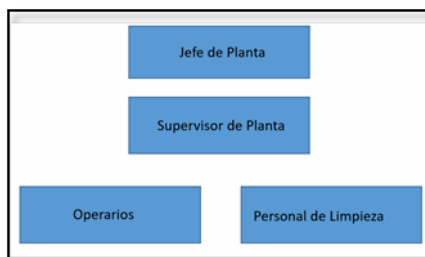


Fig. 7 Equipo de Implementación

c) Planificación de la Implementación

Para la planificación, se elaboró el siguiente cronograma donde se explica a detalle las semanas donde se realizará cada paso, cabe mencionar que es solo de la implementación, ya que algunos puntos se volverán cíclicos.

TABLE III  
PLANIFICACIÓN

	Nombre de Tarea	Mayo				Jun io				Jul io	
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2
1	Organización Comité 5S		X								
2	Planificación de Actividades 5S			X							
3	Anuncio Oficial / Difusión				X						
4	Capacitaciones 5S				X						
5	Seiri					X					
6	Seiton					X					
7	Seiso						X				
8	Día de la Gran Limpieza							X			
9	Seiketsu								X		
10	Shitsuke								X		
11	Auditoria de Seguimiento									X	
12	Medidas Correctivas										X

d) Capacitación de 5'S

Es de suma importancia realizar capacitaciones internas y sobre todo una inicial que concientice a los operarios sobre la importancia de las 5S, tanto para el personal como para la empresa. Por otra parte, esta capacitación debe ser escalonada desde los niveles más superiores hasta los más bajos. Para lo cual, si bien se reforzara de manera cíclica, en primera instancia será la siguiente:

TABLE IV  
CAPACITACIONES CICLICAS

Herramienta	Tema	Actividades	Tiempo requerido	Frecuencia	Integrantes
5'S	Introducción	Definición de las 5'S	2	Semestral	20
	Clasificar	Clasificación de Objetos			
		Uso de tarjeta Roja			
	Ordenar	Uso de Kanban	2	Semestral	20
		Significado de colores			
		Ubicación de herramientas			
	Limpiar	Uso de Pasillos	2	Semestral	20
		Limpieza diaria y semanal			
		Búsqueda de origen de suciedad			
	Estandarizar	Día de gran limpieza	1.5	Semestral	20
		Responsabilidades en acciones			
		Seguimiento de las primeras 3S			
Disciplina		Identificar Oportunidades de mejora	1.5	Semestral	20
		Reuniones de 5'S			
		Auditorias de 5'S			
		Evaluaciones			

e) Implementación de 5'S:

Clasificar y Separar (Seiri), busca generar un entorno de trabajo en el que los recursos (dinero, tiempo y espacio) puedan utilizarse de manera diferente.

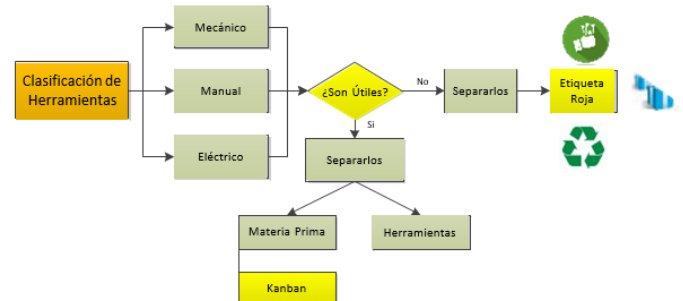


Fig. 8 Clasificación Seiri

Por otro lado, se clasifica la materia prima virgen o reciclada mediante la herramienta Kanban, ya que por medio de estas tarjetas definirán las características del mismo material, siendo de fácil identificación y distinción entre las mismas. La elaboración de las tarjetas kanban, deberán de contener una información clara y sencilla, con la finalidad de que puedan ser de fácil llenado y colocación. El diseño utilizado es el que se presenta a continuación en la figura.

Código Kanban :

Ingreso

Proveniente de :

Fecha de Ingreso :

Responsable :

Cantidad :

Características

Tipo de Producto :

Reciclado :

Aditivo (colorante):

Virgen :

Color :

Características

Fecha de Molido :

Responsable :

Cantidad :

Código QR

Fig. 9 Tarjeta Kanban

Ordenar (Seiton), para que esta fase pueda cumplirse de manera correcta, se deberá de trabajar juntamente con la clasificación de los elementos realizado en la primera S (Seiri), puesto que si se organiza todos los instrumentos estos serán accesibles a la hora de ser utilizados. Seguidamente de ser clasificados y organizados todas las herramientas, serán separados por la clasificación de uso.

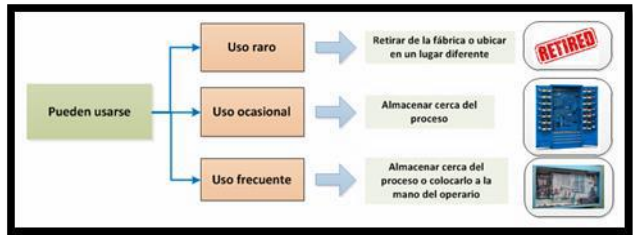


Fig. 10 Tipo de Uso

Limpieza (Seiso), se planeó que la participación de la limpieza general sería distribuida por operarios, personal de limpieza y administrativos, al cual se les brindará un kit de limpieza. Por otro lado, se aplicará la tarjeta amarilla con la finalidad de encontrar alguna anomalía en las áreas de trabajo por los trabajadores.

Así mismo, una vez que todos los trabajadores estén involucrados se podrá abarcar menos tiempo en todo el sitio de trabajo, debido que es imposible interrumpir por mucho

tiempo la producción. Debido a ello, se subdividió la planta por zonas de trabajo con la finalidad de poder delegar responsabilidades a cada operario y así fomentar una cultura de orden y limpieza.

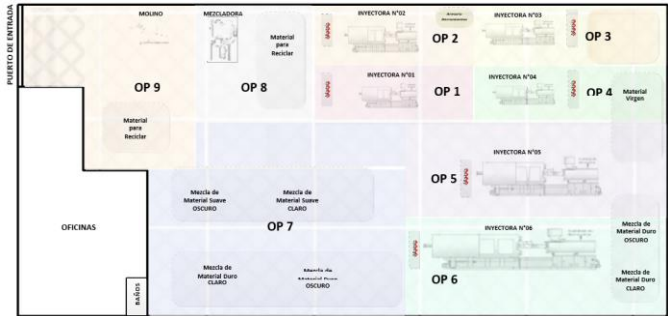


Fig. 11 Layout Sectorizado de Limpieza

Disciplina (Shitsuke), ayuda en transformar los anteriores pasos en una filosofía y habito, ya que de esta manera los métodos establecidos se afianzan en los trabajadores para las labores de clasificación, organización y limpieza .Finalmente, para lograr afianzar los conocimientos y que la práctica no se pierda con el tiempo, es importante re-concientizar constantemente y adiestrar en los procedimientos de clasificación, orden y limpieza, por lo que se realizaran las siguientes capacitaciones de manera periódica :

Herramienta	Tema	Actividades	Tiempo requerido	Frecuencia	Integrantes
5'S	Introducción	Definición de las 5'S	2	Semestral	20
	Clasificar	Clasificación de Objetos			
		Uso de tarjeta Roja			
	Ordenar	Uso de Kanban	2	Semestral	20
		Significado de colores			
	Ubicación de herramientas				
	Limpiar	Uso de Pasillos	2	Semestral	20
		Limpieza diaria y semanal			
	Búsqueda de origen de suciedad				
	Estandarizar	Día de gran limpieza	1.5	Semestral	20
Responsabilidades en acciones					
Disciplina	Seguimiento de las primeras 3S	1.5			
	Identificar Oportunidades de mejora				
	Reuniones de 5'S				
	Auditorías de 5'S	1.5	Semestral	20	
	Evaluaciones				

Fig. 12 Capacitaciones Ciclicas

f) Realizar auditorías y divulgar avance:

Las capacitaciones estarán apoyados en los artículos de “Total Plained Maintenance Implementation” y “TPM CONCEPT AND IMPLEMENTATION APPROACH”, el cual describe de manera detallada las actividades de las herramienta del TPM que serán dictadas durante las charlas así tambien como el tiempo requerido por cada actividad, la frecuencia y el total de integrantes que participarán.

Herramienta	Tema	Actividades	Tiempo requerido	Frecuencia	Integrantes
TPM	Introducción	Definición del TPM	4	Trimestral	20
	Mantenimiento Autónomo	Desarrollo de un programa de mantenimiento			
		Implementación del autónomo			
		Auditorías del mantenimiento autónomo	3	Trimestral	20
	Kaizen Kobetsu	Mejora enfocada			
		Grupos de trabajo			
		Responsables del grupo			
	Mantenimiento Planificado	Seguimiento de propuestas Necesidad	5	Trimestral	20
		de la gestión temprana Costos			
		del ciclo de vida de los equipos			
	Mantenimiento de Calidad	Sistema de gestión temprana	2	Semestral	20
		Control del periodo de prueba			
		Matriz Q-A			
	Entrenamiento y Capacitaciones	Matriz 4M	2	Cuatrimestral	20
		Matriz SOD			
		Mejora Continua			
	TPM Office	Plan de entrenamiento del personal	3	Semestral	20
		Evaluaciones de Capacitaciones			
		Compilación de datos y gráficos			
	Seguridad y salud	Seguimiento de Indicadores	4	Anual	20
		Desarrollo del plan de trabajo			
		Acciones correctivas			

Fig. 13 Capacitaciones TPM

#### g) Pilar Mantenimiento Autónomo:

El propósito de este pilar es el de enseñar a los colaboradores de cómo debe de mantener su equipo de trabajo llevando a cabo actividades de manera diarias, semanales y Quincenales.



Fig. 14 Mantenimiento Autónomo

#### h) Modelos de Revisión de Inventarios

Es importante para poder realizar el mantenimiento contar con inventarios de las piezas o insumos a utilizar durante el mismo. Es por esto, que un punto crucial es lograr el abastecimiento pertinente para lo cual usaremos dos modelos de inventarios totalmente distinto:

TABLE V MODELOS ELEGIDOS	
Mantenimiento Preventivo (Semanal y Mensual) y Correctivo	Modelo P
Mantenimiento Autónomo	Min-Max

Por otro dentro del modelo P, por decisión estratégica se determina que el periodo de revisión será mensual, pero los niveles de restock serán los siguientes:

TABLE VI

NECESIDADES DE LOS MODELOS

Semanal	4 und
Mensual	1 und
Trimestral	1 und
Semestral	1 und
Anual	1 und

#### i) Implementación de SMED

En este pilar se busca asegurar la seguridad del trabajador durante sus labores de trabajo y mantenimiento, por lo que se aplicó las matrices IPERC para estar en concordancia con la ley 29783 de seguridad y salud en el trabajo.

Para lograr solucionar el problema de Demoras en los tiempos de Setup, se eligió la metodología SMED mediante la aplicación de los 3 pasos, ya que la empresa realiza una preparación de la maquinaria no estandarizada y con actividades no necesarias.

- Primera Etapa: Separación de las actividades internas y externas.

La primera etapa se centra en diferenciar las actividades encontradas en la etapa preliminar en internas (maquina apagada) o externas (maquina prendida), de esta manera se puede apreciar a detalle los tiempos de cada una. En el caso de estudio, encontramos actividades innecesarias que se hagan mientras la maquina está apagada, que se podrían realizar previos al apagado de la misma. Por otra parte, existen tiempos altos en la búsqueda de materia prima y demoras en la toma de decisión, que entorpecen indirectamente el tiempo de preparación total.

Una vez que se identificaron las actividades internas y externas, observamos que la relación entre ellos es de 3 a 1 y encontramos como resumen de la situación actual la siguiente:

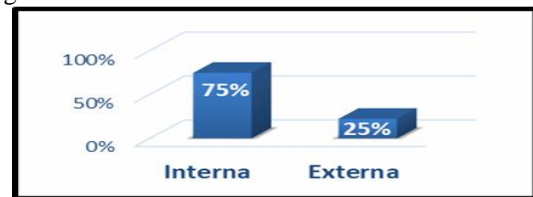


Fig. 15 Comparativo Inicial SMED

- Segunda Etapa: Convertir la preparación interna en externa

La segunda fase está orientada en convertir las actividades internas en externas y de ser el caso eliminar actividades no necesarias. Para lo cual, se toman las decisiones basados en los datos de referencia de la primera fase, donde encontramos muchas actividades innecesarias y otras que podrían realizarse mientras la maquina está todavía encendida. Teniendo en cuenta que la búsqueda de materia prima se solucionara con los pasos efectuados durante la implementación de 5S en el nuevo



Lay-out propuesto anteriormente, encontramos que el tiempo de preparación se redujo en un 37% respecto a la etapa 1 y la nueva relación entre actividades internas y externas es:

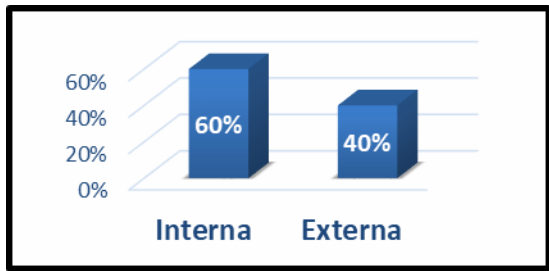


Fig. 16 Comparativo Paso 2 SMED

- Tercera Etapa: Perfeccionamiento de los aspectos de la operación de preparación
 

En esta fase se buscó perfeccionar las actividades internas, a través de actividades simultaneas, para lo cual se solicitó el apoyo del operario de la máquina. Llegando a este punto, se logra evidenciar que en teoría se podría llegar a reducir el tiempo de preparación en un 46%, siendo el resultado final 38,3 minutos. Por otro lado, el comparativo según etapas sería el siguiente:

	Paso 1	Paso 2	Paso 3
Internas	75%	65%	60%
Externas	25%	35%	40%
Tiempo	70,6 minutos	44,3 minutos	38,3 minutos

Fig. 17 Comparativo Final SMED

Finalmente, para poder realizar un seguimiento a la implementación y al proceso de preparación de maquinaria en sí, se tomó como indicador el tiempo de preparación en sí.

j) Realizar seguimiento

Se realizo el seguimiento y se expondrán los resultados en Validación de la Implementación.

k) Analiza datos y proponer mejoras

Una vez analizada la data, se propone las nuevas oportunidades de mejora.

## V. RESULTADOS

Es por lo antes mencionado que se empezó la implementación por las capacitaciones de 5S, para luego ordenar y clasificar todos los materiales para realizar el día de gran limpieza como se ve en la fotos, después de esto se delimito las áreas de la maquinaria y finalmente se realizó la segunda auditoría de 5S, después de esto los equipos de manera autónoma funcionaron para poder mejorar los aspectos de orden y limpieza.

El siguiente punto a tocar fue TPM, para lo cual se comenzó con la divulgación y sensibilidad de las metodologías elegidas en la fecha elegida a través de capacitaciones personales, ya que por motivos de producción y el retraso que se tenía en las entregas, no se podía realizar de manera grupal, algunas capacitaciones si se realizaron de manera grupal durante el cambio de turnos.



Fig. 18 Cambios en la Planta

Cabe mencionar, que no solo se implementó 5S, sino smed y los demás pilares como es el mantenimiento preventivo y autónomo, para lo cual se elaboraron instructivos, procedimientos y formatos para complementar el sistema. Finalmente se hizo el seguimiento de la implementación con los indicadores, así que se realizó una auditoría de seguimiento 5S, la cual brindo los siguientes resultados:



Fig. 19 Auditorias 5S

El tiempo de preparación de maquinaria en las siguientes semanas a la implementación es el siguiente:

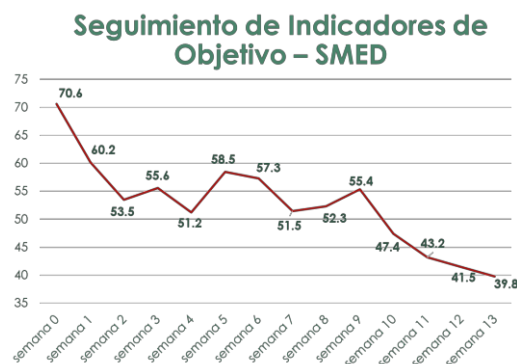


Fig. 20 Seguimiento de indicadores

Finalmente, haciendo una comparación de todos los indicadores con lo alcanzado y las metas de cada uno podemos observar lo siguiente:

	Indicador Inicial		Indicador Final
Nivel de Conciencia 5S	15%	>50% 50-25% <25%	66%
Tiempo de búsqueda de Materia Prima	16 min	<6 min 6-8 min >8 min	5.9 min
Tiempo Promedio parado por Averías	22.5%	<10% 10-20% >20%	2%
OEE	64%	>75% 75-70% <70%	78%
Tiempo de Preparación de Maquinaria	70.6 min	<60 min 60-80 min >80 min	39.8 min
Capacidad Utilizada	72%	>80% 80-90% <90%	91%

Fig. 21 indicadores de monitores de objetivos

## VI. CONCLUSIONES

- Se puede evidenciar que la aplicación de Lean Manufacturing en una empresa mediana del sector plástico es totalmente viable y rentable.
- Se concluye que la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing y SMED en la empresa JAIPLAST elevó su capacidad instalada del 72% a un 93.5%.
- Cabe mencionar, que, si bien tuvo éxito la implementación, existió una fuerte resistencia al cambio que influyó en el cumplimiento del cronograma

## REFERENCES

- [1] Steven H. Appelbaum, Sally Habashy, Jean-Luc Malo, Hisham Shafiq, (2012) "Back to the future: revisiting Kotter's 1996 change model", Journal of Management Development, Vol. 31 Issue: 8, pp.764-782, <https://doi.org/10.1108/02621711211253231>
- [2] Mohammed AlManei ,Konstantinos Salonitis, YuchunXu (2017) "Lean Implementation Frameworks: The Challenges for SMEs" , PROCEDIA CIRP, Volume 63, 2017, Pages 750-755
- [3] R. S. Agrahari, P.A. Dangle, K.V.Chandratre (2015) "Implementation of 5S Methodology in the Small Scale Industry: a Case Study" INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH, Volumen 4, Issue 04. Pp. 180-187
- [4] Guillen K., Umami K., Quispe G., Raymundo C. (2018), "Lean model for optimizing plastic bag production in small and medium sized companies in the plastics sector", International Journal of Engineering Research and Technology 11(11), pp. 1713-1734.
- [5] Mariano Jiménez, Luis Romero, Manuel Domínguez, María del Mar Espinosa (2015) "5S methodology implementation in the laboratories of

- an industrial engineering university school" Safety Science ,Volume 78, October 2015, Pages 163-172
- [6] C. Rojas, G. Quispe, C. Raymundo (2018), "Lean Optimization Model for Managing the Yield of Pima Cotton (*Gossypium Barbadense*) in Small-and Medium-Sized Farms in the Peruvian Coast", 2018 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería, CONITI 2018 - Proceedings 8587062.
- [7] Doğan, Yavuz & Ozkutuk, Ayşe & Dogan, Ozlem. (2014). Implementation of "5S" Methodology in Laboratory Safety and Its Effect on Employee Satisfaction. Mikrobiyoloji bülteni. 48. 300-10. 10.5578/mb.7053.
- [8] Silva Alfredo, Salas Rosa (2017) Application of Lean Techniques to Reduce Preparation Times: Case Study of a Peruvian Plastic Company International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 23 , <http://hdl.handle.net/10757/622530>
- [9] Azharul Karim, Kazi Arif-Uz-Zaman, (2013) "A methodology for effective implementation of Lean strategies and its performance evaluation in Manufacturing organizations", Business Process Management Journal, Vol. 19 Issue: 1, pp.169-196, <https://doi.org/10.1108/14637151311294912>
- [10] Singh, Mayank Dev & Singh, Swati & Chokshi, Abhishek & Chavan, Harshad & Dabhi, Dhrudipsinh. (2015). Process Flow Improvement through 5S, Kaizen and Visualization. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, ISSN(Online): 2319 - 8753. 4. 10.15680/IJRSET.2015.0403063.
- [11] Alefari, Mudhafar & Salonitis, Konstantinos & Xu, Yuchun. (2017). The Role of Leadership in Implementing Lean Manufacturing. Procedia CIRP. 63. 756-761. 10.1016/j.procir.2017.03.169.
- [12] Murguía, Danny & Brioso, Xavier & Pimentel, Angela. (2016). Applying Lean Techniques to Improve Performance in the Finishing Phase of a Residential Building.
- [13] Sunil Kumar, Ashwani Dhingra, Bhim Singh, (2018) "Lean-Kaizen implementation: A roadmap for identifying continuous improvement opportunities in Indian small and medium sized enterprise", Journal of Engineering, Design and Technology, Vol. 16 Issue: 1, pp.143-160, <https://doi.org/10.1108/JEDT-08-2017-0083>