

Increased machine availability in a plastic injection molding plant through the implementation of TPM and Lean Manufacturing tools: An Empirical Research in Perú

Melanie Vega-Alvites, BSc¹ and Juan Quiroz-Flores, PhD¹

¹Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Peru, u20151B604@upc.edu.pe, pcijjqui@upc.edu.pe.

Abstract— The plastic industry in recent years has experienced considerable growth due to increased demand from sectors such as construction and transportation. This sector represents 4% of the industrial GDP, generates more than 200,000 jobs in the country and is considered the fifth most innovative industrial activity. However, recent studies show that companies belonging to this sector are operating with a low utilization rate (71.5%), which is caused by various factors such as low availability of machines and high production change times. of the different lines with which they operate. This problem causes the non-compliance of orders and delays in the deliveries of the products, as a consequence of which the dissatisfaction of the clients and their loss, in addition to incurring high production costs due to the reprocesses generated. In this context, in order to solve the problem identified, a maintenance management model based on Lean Manufacturing is proposed, which integrates the tools of SMED, TPM, 5S and Jidoka. The model was validated in a company dedicated to the injection molding of plastic products, which presents problems of low availability. With the application of the proposed model, an improvement in the general efficiency of the equipment from 57% to 68% was obtained. With the results obtained, it is concluded that this model could increase efficiency and therefore the utilization rate of companies in the plastics sector.

Keywords— Lean Manufacturing, plastic industry, efficiency, SMED, Preventive Maintenance

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.185>

ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

Incremento de la disponibilidad de las máquinas en una planta de inyección plástica a través de la implementación de herramientas TPM y Lean Manufacturing: Una investigación empírica en Perú

Melanie Vega, BSc¹ and Juan Quiroz, PhD¹

¹Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Peru, u20151B604@upc.edu.pe, pciijqui@upc.edu.pe.

Abstract— La industria plástica en los últimos años ha experimentado un crecimiento considerable debido a una mayor demanda por parte de sectores como el de construcción y transporte. Este sector representa el 4% del PBI industrial, genera más de 200,000 puestos de trabajo en el país y es considerado como la quinta actividad industrial más innovadora. Sin embargo, estudios recientes demuestran que las empresas pertenecientes a este sector se encuentran operando con una baja tasa de utilización (71,5%), lo cual es causado por diversos factores como la baja disponibilidad de las máquinas y altos tiempos de cambio de producción de las distintas líneas con las que operan. Este problema ocasiona el incumplimiento de pedidos y retrasos en las entregas de los productos, como consecuencia de ello la insatisfacción de los clientes y pérdida de los mismos, además de incurrir en altos costos de producción por los reprocesos generados. Bajo este contexto, con la finalidad de resolver el problema identificado, se propone un modelo de gestión de mantenimiento basado en Lean Manufacturing, el cual integra las herramientas de SMED, TPM, 5S y Jidoka. El modelo fue validado en una empresa dedicada al moldeo por inyección de productos plásticos, la cual presenta problemas de baja disponibilidad, con la aplicación del modelo propuesto se obtuvo una mejora en la eficiencia general de los equipos de 57% a 68%. Con los resultados obtenidos se concluye que este modelo podría incrementar la eficiencia y por ende la tasa de utilización de las empresas en el sector plástico.

Palabras claves— Lean Manufacturing, industria plástica, eficiencia, SMED, Mantenimiento Preventivo

I. INTRODUCCIÓN

Los productos plásticos son uno de los insumos de mayor utilización en distintas áreas como construcción, medicina, agricultura, entre otros debido a su capacidad de adquirir distintas formas y texturas. La industria plástica mantiene un nivel de crecimiento anual de 2.2% en promedio. [1] En el Perú, la producción de productos plásticos se encuentra asociada principalmente con el sector de construcción, cuya participación es del 22% de la oferta final de estos productos. Debido a la pandemia, las necesidades de reconstrucción nacional y reactivación económica permitirán que el sector plástico desempeñe un papel importante de la mano del sector de construcción. [2] Esta industria es considerada como la quinta actividad más innovadora con una oferta que supera los 18 mil millones de soles en todo el país. Además, genera en el país alrededor de 200 mil puestos de trabajos. Cabe resaltar que este sector importa maquinaria anualmente y genera empleo formal en el país. [3] Actualmente las empresas pertenecientes a este sector se encuentran operando por debajo de su tasa de utilización, la cual es de 71.5%. Este resultado demuestra que las empresas plásticas necesitan buscar mejorar su proceso mediante la aplicación de nuevas metodologías de trabajo. A raíz de su baja capacidad de producción, las empresas no cumplen con la entrega de pedidos a tiempo, generando pérdidas importantes para las mismas como multas, descuentos e incluso la pérdida de clientes, lo cual afecta de forma negativa a la reputación de la empresa. [4]

El problema que se ha identificado en este sector, según la

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

revisión de la literatura, puede deberse a diferentes factores como un alto nivel de no conformidad, averías o atascos de máquinas, falta de planificación, altos tiempos de preparación, entre otros, consecuencia de ello las empresas presentan una baja eficiencia en sus procesos y por ende un bajo indicador de OEE. [5]

Las empresas se encuentran en un contexto cada vez más competitivo y para poder ser capaces de subsistir en él deben gestionar cambios necesarios como innovaciones, reducción de costos, entre otros. Es por ello por lo que emplean métodos de producción ajustados o personalizados, los cuales les permiten la producción de diferentes tipos de productos en cantidades variadas para satisfacer las diferentes demandas de los clientes. Sin embargo, el incremento en la variedad de productos conduce a un aumento en el número de configuraciones, por ende, un mayor tiempo de producción. [6] Las empresas deben mejorar dichos tiempos y para poder lograrlo se necesita de metodologías que les permita desarrollar una mejor gestión de sus procesos productivos. Actualmente las empresas deben poder cumplir con las expectativas de sus clientes brindándoles productos de calidad y a un precio competitivo. Con la finalidad de satisfacer las expectativas de los clientes, las empresas de este sector deben motivar a sus equipos de trabajo para que tengan un mismo objetivo y para lograrlo se necesita el compromiso de la alta gerencia durante todo el proceso de cambio. [7] Existen múltiples metodologías que pueden ser aplicadas para mejorar la gestión de producción, sin embargo, la más reconocida es la de Lean Manufacturing. [5] [7] [8] Esta metodología elimina los desperdicios de los procesos, motiva al personal a realizar sus actividades y como consecuencia incrementa la satisfacción de sus clientes. Las herramientas que se van a aplicar para solucionar el problema identificado deben ser seleccionadas cuidadosamente para poder atacar la causa raíz. [8]

Según autores, la metodología de Lean Manufacturing tiene resultados positivos al ser aplicada en distintas empresas debido a que reduce los costos productivos mejora la productividad y permite la reducción de los tiempos de entrega. [9] Las herramientas que ayudan a reducir los tiempos de entrega a los clientes son: SMED, TPM, 5S, Kanban, Jidoka y VALUE Stream Mapping. Autores afirman que algunos aspectos como la madurez del sistema con el que opera la empresa tiene una influencia directa a la implementación de prácticas Lean. [7] [9] [10] Autores coinciden en que se debe dar mayor importancia al trabajo en equipo, brindando a los empleados mayor autonomía para que puedan realizar sus actividades de tal manera que se cree un compromiso de mejora constante en ellos, sin su participación activa no se puede lograr obtener los resultados deseados. [11] La implementación de Lean será posible con una comunicación eficaz, compromiso y colaboración de los trabajadores y una

visión compartida de los objetivos, es por ello que el factor humano juega un rol fundamental en el proceso de aplicación. Al involucrar a más personas en las actividades de trabajo en equipo y proporcionar tiempo para solucionar los problemas identificados, la organización empieza el proceso de transformación en la cultura de trabajo. [12]

Para que una empresa del sector de plásticos pueda lograr optimizar sus procesos productivos es necesario que aplique la metodología de Lean Manufacturing y una gestión del mantenimiento en la cual se involucre a todos los integrantes de la organización. Las actividades realizadas para el mantenimiento no deben considerarse distantes a una adecuada gestión de la producción sino como una ventaja competitiva. [11] [13]. En el sector de plásticos las empresas enfrentan incumplimiento en la entrega de pedidos debido a la baja eficiencia con la que operan. Esto es un limitante para la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing, es por ello que la gestión del mantenimiento es un gran soporte para lograr los objetivos establecidos. [4] [13]

El presente artículo comprende de la primera parte sobre el desarrollo del estado del arte, la segunda parte se enfoca en el proceso de mejora utilizando el modelo propuesto. En la tercera parte se encuentra la validación del proceso de mejora, en la cuarta parte comprende la discusión del aporte y por último las conclusiones del estudio.

II. ESTADO DEL ARTE

A. TPM

TPM es una filosofía japonesa considerada una excelente herramienta para lograr la excelencia empresarial y mejorar las habilidades de los empleados, desarrollada a partir del concepto de mantenimiento preventivo. TPM es un proceso continuo de mantenimiento de máquinas y equipos por parte de operadores y técnicos de mantenimiento. Se enfoca en maximizar la eficiencia a través de acciones preventivas durante los procesos productivos que permiten a las máquinas funcionar sin interrupciones. Las actividades de TPM ayudan a reducir las seis grandes pérdidas relacionadas con la disponibilidad, la tasa de desempeño y la calidad. Con esto se pretende lograr cero averías, cero defectos y cero accidentes laborales e incrementar el OEE. [13] OEE es un indicador clave para la ejecución de una mejora de TPM, este mide la eficiencia de una máquina o un sistema de fabricación integrado. [14] TPM se basa en siete pilares, de los cuales el más importante es el mantenimiento autónomo. Este pilar incluye actividades cuyo objetivo principal es capacitar a los trabajadores para que puedan detectar anomalías y realizar reparaciones sencillas. El impacto de su aplicación hace que cada vez más organizaciones lo implementen para mejorar su capacidad de respuesta y satisfacer las necesidades de los clientes. [12]

B. SMED

La herramienta SMED es uno de los métodos más utilizados por las empresas para reducir los desperdicios en sus procesos, cuyo principal objetivo es estandarizar y reducir las actividades que no agregan valor al proceso de cambio productivo. Esta herramienta es utilizada como un elemento del TPM. [6] La aplicación de SMED en las empresas se debe principalmente a tres motivos: mejorar la respuesta a la demanda del mercado, la cual se encuentra en constante cambio, aumentar la capacidad mediante la reducción de tiempos y reducir los costes mediante una mejora en el rendimiento de los equipos. La implementación de esta herramienta es adecuada para procesos en los que interviene una máquina y una persona y es necesaria una formación teórica para lograr que los trabajadores se familiaricen con la herramienta. Además, se considera como una ventaja de cualquier organización que produce diferentes productos en una sola línea y necesite realizar cambios contantemente para satisfacer la demanda. [14] En investigaciones realizadas en empresas que tienen problemas con tiempos de preparación elevados, se ha comprobado que SMED es una herramienta eficaz para eliminar tiempos muertos, mejorar la productividad y la respuesta a los clientes. [15]

C. JIDOKA

Jidoka es una herramienta de Lean Manufacturing que busca la automatización con un toque humano. El objetivo de esta

herramienta es mejorar la eficiencia de los procesos enfocándose en la reducción de defectos en las actividades. Para aplicar esta herramienta es necesario revisar y cambiar los métodos de trabajo y con ello reducir un gran porcentaje de materiales defectuosos. [16] El factor humano debe conocer la automatización de estos procesos y estar en constante capacitación para poder detectar los errores durante su ejecución. Debido a ello, se requiere el involucramiento constante del personal, ya que éste es un aprendizaje mutuo que permitirá la rápida adopción de soluciones de automatización. Esta herramienta requiere dos tipos de saberes, el primero es el saber que está implícito en el personal, llamado “saber estático” o saber hacer y el segundo se basa en “saberes dinámicos” que consisten en actividades cooperativas para facilitar el aprendizaje mutuo entre los hombres y la máquina. Un operario es responsable de su máquina y ante cualquier problema debe ser capaz de encontrar la causa y dar una solución. [17] Estudios demuestran beneficios como reducción de desperdicios, mejora en el cumplimiento de tiempos de entrega, aumento de la productividad y reducción de retrabajos con la implementación de Jidoka. [16]

III. PROPUESTA INNOVADORA

El Modelo Lean propuesto está compuesto por la integración de las herramientas SMED, TPM, 5S y Jidoka. Estas herramientas se integraron de acuerdo con las necesidades identificadas en el caso de estudio. El modelo se compone de cuatro fases. La



Figura 1. Modelo de gestión de la producción propuesto

primera fase se enfoca en la eliminación de desperdicios, a través de la aplicación de la herramienta 5S, posteriormente se realizará la optimización de tiempos a través de la aplicación de la herramienta SMED, la cual busca una reducción de tiempos a través de la conversión de actividades internas en externas. Luego de ello, se llevará a cabo la aplicación del aseguramiento de la disponibilidad mediante la aplicación de dos pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM) que son: el mantenimiento preventivo y el mantenimiento autónomo. Finalmente, para asegurar la calidad de los procesos, se propone la aplicación de Jidoka como sistema de detección de errores.

1) Etapa 0: Sensibilización y formación

En esta etapa inicial se comunica a los trabajadores sobre la situación actual de la empresa y sobre la aplicación de la propuesta de mejora, para ello se convoca a una reunión en la cual se explica los principales conceptos en relación a Lean Manufacturing con la finalidad de que se familiaricen con los términos y facilite el proceso de cambio. Posterior a ello se comunica el objetivo principal de la implementación y las mejoras que se obtendrán.

Esta fase lo que busca es generar compromiso por parte de los trabajadores a cumplir con la implementación y crear en ellos un sentido de pertenencia y responsabilidad durante todo el proceso.

2) Etapa 1: Implementación 5S

Se da inicio mediante una capacitación de la herramienta y la formación de equipos para llevar a cabo la implementación. Posterior a ello, inicia la aplicación de la 1S con la clasificación de herramientas de trabajo, separando lo necesario e innecesario. Una vez clasificadas, se procedió a ordenar las herramientas en sus respectivos lugares previamente asignados. Además, se realizó la reubicación de moldes para facilitar el proceso de cambio de molde. Luego se realizaron planes de limpieza estableciendo la frecuencia de la realización de cada actividad. Finalmente, se establecieron políticas de orden y limpieza para estandarizar el proceso y se realizó un checklist de las actividades de limpieza que se deben realizar para asegurar la continuidad de la herramienta en el tiempo.

3) Etapa 2: Implementación SMED

a. Toma de tiempos: En esta actividad inicial se realizó una toma de tiempos para conocer las horas invertidas en realizar los cambios de molde en el caso de estudio. Para ello se definieron las actividades realizadas con sus respectivos tiempos con la finalidad de identificar las actividades más críticas, es decir las que empleaban mayor tiempo. El tiempo inicial que tomaba un cambio de molde en el caso de estudio era de 4.82 horas en la máquina crítica seleccionada para la evaluación.

b. Clasificar actividades internas y externas: Luego de la primera actividad se procedió a definir cuáles eran las actividades internas y externas realizadas en el proceso de cambio de molde las cuales son definidas de la siguiente manera:

- **Actividades internas:** Realizadas mientras la máquina se encuentra no se encuentra operativa.
- **Actividades externas:** Realizadas mientras la máquina se encuentra operativa.

c. Convertir actividades internas en externas: Una vez identificadas las actividades en internas y externas, se procedió a evaluar qué actividades internas podrían convertirse en externas y para cada una de ellas se aplican técnicas o métodos que permitan reducir los tiempos de las actividades.

Una de las técnicas que se utilizó para reducir los tiempos de cambio de molde fue el rediseño de trabajo, en el cual se cuenta con todas las herramientas necesarias cerca a la línea de inyección para realizar el proceso de cambio de molde en menor tiempo. Además, se realizaron LUPS para el proceso de cambio de molde con el objetivo de poder brindar conocimiento de forma visual y de fácil entendimiento a los técnicos y operarios.

d. Toma de tiempos final: Finalmente se tomó los tiempos con la implementación de las herramientas, obteniendo como resultado una reducción a 2.49 horas. Esto se dio gracias a la adquisición de las herramientas necesarias para cada técnico y también a una mejor organización en el área de trabajo al momento de realizar el proceso.

4) Etapa 3: Implementación de TPM

Mantenimiento Preventivo

Para poder llevar a cabo la implementación de la herramienta TPM, se realizó un análisis de la situación actual y en función a ello se elaboró un plan de mantenimiento considerando los lugares de inspección y la frecuencia de la realización de cada uno de ellos. Para estas actividades los mantenedores cuentan con procedimientos de trabajo para llevar a cabo cada una de estas.

Mantenimiento autónomo

Para la aplicación del mantenimiento autónomo, se realizó una hoja de verificación de las actividades que los operarios deberán realizar antes de iniciar su jornada de trabajo. El mantenimiento autónomo se propuso como un soporte para el mantenimiento preventivo debido a que brinda a los operarios la oportunidad de poder realizar actividades sencillas sin necesidad de recurrir a los mantenedores. Además, esto permitirá reducir la carga de los mantenedores al brindarle a los operarios el conocimiento de poder resolver problemas.

5) Etapa 4: Implementación SMED

La última etapa corresponde a la implementación de la herramienta Jidoka, para esta etapa se crearon dos fichas: una de revisión de molde la cual permitirá a los técnicos matriceros conocer los problemas identificados durante el proceso de producción y otra ficha de center line para registrar los parámetros de las máquinas. Estas fichas fueron elaboradas como un sistema de detección de errores. Las fichas de diagnóstico de molde son llenadas por los técnicos reguladores indicando las incidencias que susciten en cada máquina. Esta ficha es entregada a los encargados de matricería para que evalúen y corrijan dichas fallas con la finalidad de reducir la posibilidad de repetición de falla en la siguiente puesta en marcha de producción.

Por otro lado, se empleó la ficha de center line para facilitar el trabajo a los técnicos reguladores. Cada producto de la empresa presenta diversas características como grosor, altura, peso, entre otros. Es por ello que es necesario contar con una ficha de center line que les permita a los técnicos regular las máquinas. En esta ficha se detallan los parámetros de cierre, apertura, aire, etc. Se realizó una ficha para cada producto y en ella también se especifica el tipo de material utilizado en el producto debido a que eso influye en los parámetros que se vayan a utilizar en cada molde.

Con la finalidad de poder evaluar la efectividad de la

implementación del método propuesto se plantean los siguientes indicadores:

- **Eficiencia general de los equipos (OEE):** Este indicador permitirá evaluar la eficiencia con la que está trabajando la empresa. Consta de tres componentes los cuales son: disponibilidad, rendimiento y calidad.

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

- **Tiempo de set up (TSU):** Este indicador permitirá evaluar el porcentaje de mejora en los tiempos de cambio de molde comparando la situación inicial y final.

$$TSU = \frac{(TSU_i - TSU_f)}{TSU_i} \times 100$$

TSU_i= Tiempo de set up inicial

TSU_f= Tiempo de set up final

- **Toneladas de producto defectuosos en proceso (TPDP):** Evalúa el porcentaje de merma obtenido del total de toneladas inyectadas durante el proceso.

$$TPDP = \frac{N^{\circ} \text{ Toneladas de productos defectuosos}}{N^{\circ} \text{ Toneladas de productos inyectados}} \times 100$$

En la figura 2 se detalla el procedimiento para la implementación del modelo propuesto a través de un flujograma.

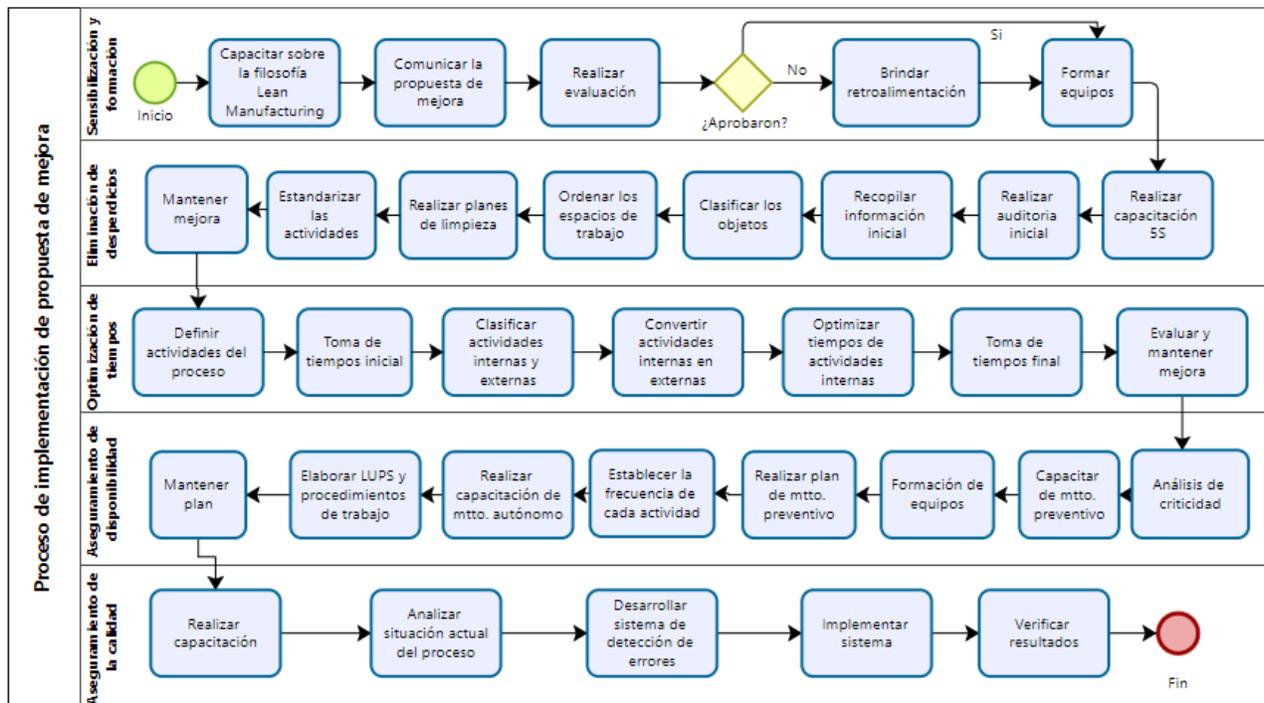


Figura 2. Método propuesto del modelo

IV. VALIDACIÓN

El presente estudio tiene como principal objetivo mejorar la eficiencia general de los equipos de una empresa pyme peruana del sector de plásticos, dedicada a la producción mediante moldeo por inyección, a través de la implementación de la propuesta de mejora planteada y con ello poder evaluar la efectividad de la misma.

La empresa en estudio cuenta con 23 máquinas inyectoras de diferentes tamaños y capacidades. Actualmente la empresa presenta un incremento en sus costos productivos debido a la baja capacidad con la que opera, un alto índice de incumplimiento de pedidos por demoras en el proceso de producción y como consecuencia de ello la insatisfacción y pérdida de clientes. Estos problemas afectan de forma directa a la utilidad de la empresa. Luego de realizar el análisis se obtuvo como resultado que el proceso productivo es el que influye de manera directa en la ocurrencia de dichos problemas debido a que por los altos tiempos improductivos de las máquinas inyectoras no logran completar los pedidos solicitados a tiempo.

Tras analizar la información histórica brindada por la empresa en estudio, se evidenció que el OEE promedio con el cual operó el año pasado fue de 57%. Esto presenta una brecha técnica de 28% frente al OEE de clase mundial, el cual es de 85% generando en la empresa grandes pérdidas económicas y baja competitividad. Con la finalidad de identificar cuál de los tres factores que componen el OEE afecta en mayor proporción al resultado se procedió a evaluar cada uno de ellos comparándolos con lo establecido para lograr la clase mundial. Luego del análisis, se obtuvo como resultado que la tasa de disponibilidad es la que más afecta el resultado, siendo esta de 64.63%. Este resultado refleja que los procedimientos con los que se está llevando a cabo los procesos en la empresa en estudio deben ser mejorados para poder cumplir con las entregas a sus clientes y reducir los costos operativos.

Luego de evidenciar que la tasa de disponibilidad es la causante del bajo OEE en el caso de estudio, se procede a determinar las causas raíz de este problema obteniendo como resultado que se debe principalmente a los altos tiempos de set up y las fallas de máquinas. Los tiempos de set up son las horas invertidas en el cambio de una línea de producción a otra. Esto se realiza cada vez que se ha terminado una orden de fabricación y se desea dar inicio a otra. Por otro lado, las fallas de máquinas son paradas no programadas que se dan durante el proceso de producción debido a averías en las máquinas, las cuales pueden ser mecánicas, eléctricas, hidráulicas, entre otras.

Para validar la propuesta de mejora se utilizaron los

indicadores de OEE (Disponibilidad, rendimiento y calidad), tiempos de set up y porcentaje de merma. El resumen de los indicadores calculados se visualiza en la tabla 1, en donde se observa los indicadores del proceso actual y la mejora luego de la implementación.

TABLA I INDICADORES DE LOS PROCESOS ACTUAL VS MEJORA

Indicador	Situación inicial	Situación final	Mejora
OEE	57%	68%	+ 11 %
TSU	4.82	2.49	- 48.34%
TPDP	2.7 %	1.93%	- 0.77%

Con la finalidad de poder identificar la efectividad del modelo propuesto, se realizó un análisis en tres escenarios distintos evaluando los indicadores propuestos en el modelo. El análisis se realizó en la segunda máquina más crítica en la cual se elabora los productos que se encuentran en la categoría A, estos son: Despensero - Canastilla, Escurreidor – Base y Escurreidor – Tapa. El proceso de elaboración de los siguientes productos es igual al escenario inicial con diferencia en los tiempos de ciclos. En las siguientes líneas, se mostrarán los resultados obtenidos para cada uno de los productos mencionados.

Escenario 1: Línea de producción de despensero

El Despensero – Canastilla es uno de los principales productos que fabrica la empresa en estudio debido a su resistencia y a la gama de colores que tiene. Este producto se elabora cada semana y presenta el mismo flujo de trabajo que el escenario inicial.

TABLA II RESULTADOS DEL ESCENARIO 1

Indicador	Situación inicial	Situación final	Mejora
OEE	59%	67%	+ 8 %
TSU	4.15	2.55	- 38.55%
TPDP	2.14 %	1.60%	- 0.54%

Escenario 2: Línea de producción de base de escurridor

El Escurreidor de platos cuenta con tres componentes los cuales son: Base, Tapa y Rejilla. Este producto ingresó a la gama de productos de la empresa en el año 2019, teniendo una gran acogida por parte de los clientes, sin embargo, presenta problemas en el montaje de molde debido al tiempo que demanda y también a la cantidad de merma que genera al ser un producto para alimentos y transparente en el cual se puede percibir con mayor facilidad los defectos.

TABLA III RESULTADOS DEL ESCENARIO 2

Indicador	Situación inicial	Situación final	Mejora
OEE	61%	69%	+ 8 %
TSU	3.96	2.35	- 40.66%
TPDP	2.85 %	1.97%	- 0.88%

Escenario 3: Línea de producción de tapa de escurridor

Para el tercer escenario se escogió la línea de producción de la tapa de escurridor, como se había mencionado anteriormente este producto conforma una de las partes de un producto terminado. Debido a la gran cantidad de pedidos que tiene este producto se escogió como la mejor opción a evaluar

TABLA IV RESULTADOS DEL ESCENARIO 3

Indicador	Situación inicial	Situación final	Mejora
OEE	54%	66%	+ 12 %
TSU	3.84	2.10	- 45.31%
TPDP	2.78%	1.83%	- 0.95%

V. CONCLUSIONES

La problemática identificada se encuentra enfocada en la baja eficiencia de los equipos del sector en estudio debido a la falta de empleo de herramientas que puedan mejorar los procesos productivos. Como herramientas claves para poder solucionar el problema mencionado anteriormente, se propuso el modelo de Lean Manufacturing con las herramientas de TPM, SMED y Jidoka con base en la revisión de la literatura.

Con la implementación del modelo Lean propuesto se logró incrementar el OEE de la empresa en 11 puntos porcentuales logrando mejorar la fiabilidad de los equipos de la empresa. Este resultado indica que la aplicación del mantenimiento es una estrategia que permite a las empresas mejorar sus procesos incrementando la disponibilidad de sus equipos. Además, se logró una reducción del 48% en el proceso de cambio de merma y también una reducción del 0.77% en la merma obtenida durante el proceso de producción. Se validó la implementación de la propuesta de mejora en tres escenarios cuyos resultados evidenciaron en cada uno de estos.

El brindarles a los trabajadores la oportunidad de desarrollar sus habilidades mediante herramientas de mejora crea un adecuado ambiente de trabajo que les permite un mejor desenvolvimiento. Durante el proceso de aplicación se pudo evidenciar lo fundamental de trabajar en equipo.

La aplicación de Lean Manufacturing y una adecuada gestión de mantenimiento son dos enfoques que deben desarrollarse en forma conjunta debido a los resultados positivos

obtenidos en la presente investigación.

REFERENCIAS

[1] Sociedad Nacional de Industrias, “Fabricación de productos plásticos,” 2019. [Online]. Available: https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-Pl%C3%A1sticos_2019.pdf

[2] Á. Garcia, “Estudio de mercado. El mercado de los plásticos para la construcción en Perú 2020,” ICEX España Exportación e Inversiones, 2020. [Online]. Available: <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/estudio-mercado-plasticos-construccion-peru-2020-doc2020867875.html?idPais=PE>

[3] Sociedad Nacional de Industrias, «Industria del plástico genera alrededor de 200 mil puestos de trabajo,» 2019. [Online]. Available: <https://www.sni.org.pe/industria-del-plastico-genera-alrededor-200-mil-puestos-trabajo/>

[4] L. Alvarado, G. Quispe y C. Raymundo, «Method for optimizing the production process of domestic water tank manufacturing companies,» International Journal of Engineering Research and Technology, vol. 11, n° 11, pp. 1735-1757, 2018.

[5] T. Haddad, B. Shaheen y I. Nemeth, «Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach,» Manufacturing Technology, vol. 21, n° 1, 2021.

[6] K. Yazıcı, S. H. Gökler y S. Boran, «An integrated SMED-fuzzy FMEA model for reducing setup time An integrated SMED-fuzzy FMEA model for reducing setup time,» Journal of Intelligent Manufacturing, 2021.

[7] A. Pearce, D. Pons y T. Neitzert, «Implementing lean—Outcomes from SME case studies,» Operations Research Perspectives, vol. 5, pp. 94-104, 2018.

[8] I. A. Mouzani y D. Bouami, «The integration of lean manufacturing and lean maintenance to improve production efficiency,» International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, vol. 9, n° 1, pp. 593-604, 2019.

[9] P. Ribeiro, J. C. Sá, L. P. Ferreira y F. Silva, «The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study,» Procedia Manufacturing, vol. 38, pp. 765-775, 2019.

[10] K. Tiwari y S. Sharma, «The Impact of Productivity Improvement Approach Using Lean Tools in an Automotive Industry,» Process Integration and Optimization for Sustainability, 2022.

[11] F. Abu, H. Gholami, M. Z. N. Mat Saman y D. Streimikiene, «The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications,» Journal of Cleaner Production, vol. 234, pp. 660-680, 2019.

[12] O. C. Chikwendu, A. S. Chima y M. C. Edith, «The optimization of overall equipment effectiveness factors in a pharmaceutical company,» vol. 6, 2020.

[13] A. Hooda y P. Gupta, «Manufacturing excellence through total productive maintenance implementation in an Indian industry: A case study,» International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, vol. 9, n° 3, pp. 1593-1604, 2019.

[14] R. Sharma, «Overall equipment effectiveness measurement of TPM manager model machines in flexible manufacturing environment: A case study of automobile sector,» vol. 26, pp. 206-222, 2019.

[15] V. Saravanan, S. Nallusamy y K. Balaji, «Lead Time Reduction through Execution of Lean Tool for Productivity Enhancement in Small Scale Industries,» International Journal of Engineering Research in Africa, vol. 34, pp. 116-127, 2018.

[16] K. Guillen, K. Q. Umasi, G. y C. Raymundo, «LEAN model for optimizing plastic bag production in small and medium sized companies in the plastics sector,» *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 11, pp. 1713-1734, 2018.

[17] A. Chiarini, C. Bacarani y V. Mascherpa, «Lean production, Toyota Production System and Kaizen philosophy: A conceptual analysis from the perspective of Zen Buddhism,» *TQM Journal*, vol. 30, pp. 425-438, 2018.