



Universidad
Tecnológica
del Perú

Facultad de Ingeniería
Ingeniería Industrial

Tesis:

**“Aplicación de la herramienta SMED para la
reducción del tiempo de cambio de molde en la
línea de inyección de plásticos de la empresa
PLASTIMET S.A.C.”**

Diego Alberto Medina Salas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Asesor:

Ing. Carmen Milagros Díaz Zegarra

Arequipa – Perú
2021

Dedicatoria

A mis padres, Yoni Gloria Salas Ramírez y Alberto Medina Espinoza por su constante apoyo, su inmenso amor y sacrificio, gracias a ellos por mostrarme el camino hacia la superación y el desarrollo tanto personal como profesional.

A toda mi familia, en especial a mi hermana Katherine y a mi sobrino Santiago, por su paciencia, su apoyo y por ser mi motivación diaria.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme las fuerzas y salud necesaria para culminar esta investigación.

A la Universidad Tecnológica del Perú, por ser el cimiento de mi desarrollo profesional y brindarme aportes invaluableles que guiarán muchos aspectos de mi vida.

A mi asesora, Ing. Carmen Díaz Zegarra por su gran dedicación, paciencia y gran profesionalismo en la asesoría de esta investigación

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como principal objetivo la reducción del tiempo de cambio de molde en la línea de inyección de plástico de la empresa PLASTIMET S.A.C ubicada en la ciudad de Arequipa - Perú, por ello se identificó como una problemática la falta de optimización en actividades del cambio de molde, mediante este análisis es que se plantea el uso de la herramienta Lean Manufacturing SMED (Single Minute Exchange of Die) para la identificación y reducción de actividades que no agregan valor al procedimiento de cambio de molde. Mediante un análisis sobre la cantidad de producción que realiza la línea de inyección es que se elige la máquina y el molde del producto a evaluar para la posterior aplicación del plan de mejora. La ejecución de la herramienta SMED inicia con la identificación y separación de las actividades internas y externas, así como un estudio de tiempos que otorgue un panorama más amplio de la problemática. Posteriormente se realizó la aplicación y evaluación de las mejoras propuestas logrando una reducción del tiempo de cambio de molde de 48.6% y un incremento del 11,6% en la producción del turno en el que se realizó el cambio, de igual modo se establecieron fichas para la estandarización de los procedimientos. Finalmente se elaboró una evaluación del impacto económico que resultó de la aplicación de la herramienta SMED en el cambio de molde.

Palabras clave: Lean Manufacturing, SMED, Cambio de molde, Inyección de plásticos.

ABSTRACT

The main objective of this research work is to reduce the mold change time in the plastic injection line of PLASTIMET S.A.C. located in the city of Arequipa - Peru, therefore, the lack of optimization in mold change activities was identified as a problem, through this analysis is that the use of the Lean Manufacturing SMED (Single Minute Exchange of Die) tool is proposed for the identification and reduction of activities that do not add value to the mold change procedure. Through an analysis of the amount of production performed by the injection line, the machine and mold of the product to be evaluated are chosen for the subsequent application of the improvement plan. The implementation of the SMED tool begins with the identification and separation of internal and external activities, as well as a time study that provides a broader picture of the problem. Subsequently, the proposed improvements were applied and evaluated, achieving a 48.6% reduction in mold changeover time and an 11.6% increase in the production of the shift in which the change was made. Finally, an evaluation of the economic impact resulting from the application of the SMED tool in the mold change was elaborated.

Keywords: Lean Manufacturing, SMED, Mold change, Plastic injection molding.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES.....	1
1.1. Título.....	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.3. Pregunta de Investigación	2
1.4. Objetivos de la Investigación.....	2
1.4.1. Objetivo General.....	2
1.4.2. Objetivos Específicos	2
1.5. Justificación.....	2
1.6. Alcance.....	3
1.7. Limitaciones.....	3
CAPÍTULO 2	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1. Estado del Arte	4
2.2. Marco Teórico	10
2.2.1. El Plástico	10
2.2.2. Historia	11
2.2.3. Industria del plástico en el Perú	11
2.2.4. Tipos de plásticos según su conducta al calor	12
2.2.5. Tipos de Plásticos según el proceso de polimerización	16
2.2.6. Procesos de fabricación de plásticos	17
2.2.7. Máquinas de inyección de plástico	20
2.2.8. Lean Manufacturing.....	25
2.2.9. Herramienta SMED	26
CAPÍTULO 3	30
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	30

3.1.	Método de la Investigación	30
3.2.	Técnica de la Investigación	31
3.2.1.	Tipo de Investigación	31
3.2.2.	Estudio de Caso	31
3.2.3.	Población	31
3.2.4.	Muestra.....	31
3.2.5.	Operacionalización de Variables	32
3.3.	Herramientas de la Investigación	32
CAPÍTULO 4		34
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA		34
4.1.	Descripción de la Organización.....	34
4.1.1.	Ubicación de la Empresa	35
4.1.2.	Misión	35
4.1.3.	Visión.....	35
4.1.4.	Políticas de la Empresa.....	36
4.1.5.	Productos elaborados.....	36
4.2.	Layout de la empresa	38
4.3.	Mapa de Procesos	39
4.4.	Caracterización del proceso	39
4.5.	Descripción de la máquina de inyección a estudiar	41
4.6.	Identificación del problema actual de la empresa en la línea de inyección	42
4.7.	Identificación del producto a estudiar	43
CAPÍTULO 5		45
DESARROLLO Y EVALUACIÓN		45
5.1.	Aplicación de la herramienta SMED	45
5.1.1.	Alcance de la aplicación del SMED	45
5.1.2.	Procedimiento para la aplicación del SMED	46
5.1.3.	Etapas de observación y registro.....	47
5.1.4.	Diagrama de Análisis del Proceso (DAP).....	51
5.1.5.	Etapas de separación de actividades.....	52
5.1.6.	Etapas de optimización de actividades.....	53
5.1.7.	Etapas de estandarización y seguimiento	62
5.2.	Capacitación y retroalimentación.....	63
5.3.	Evaluación del impacto económico debido a la aplicación de la herramienta SMED	64
5.3.1.	Costos de producción del cono súper jumbo	64
5.3.2.	Evaluación económica	66

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	74
ANEXOS	75

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Preformas PET.....	13
Imagen 2: Planchas y tubos fabricados con PEAD	13
Imagen 3: Film de embalaje industrial fabricado con PEBD.....	14
Imagen 4: Diferentes aplicaciones del Polipropileno (PP).....	14
Imagen 5: Diferentes aplicaciones del Poliestireno	15
Imagen 6: Productos elaborados con PVC	16
Imagen 7: Proceso de inyección - soplado de plásticos.....	18
Imagen 8: Proceso de extrusión - soplado de plásticos	18
Imagen 9: Diseño general de una unidad de inyección de plásticos	20
Imagen 10: Zonas de funcionamiento del husillo.....	21
Imagen 11: Partes del molde de inyección de plástico	24
Imagen 12: Prueba de impacto entre el acero 4130 y acero 1020	25
Imagen 13: Descripción gráfica de la metodología SMED	28
Imagen 14: Ubicación Empresa PLASTIMET S.A.C.....	35
Imagen 15: Partes fundamentales de la máquina de inyección Haitian MA1600	41
Imagen 16: Máquina Haitian MA1600.....	42
Imagen 17: Mejora aplicado mediante el uso de conectores rápidos	54
Imagen 18: Fuga de agua por acoples en mal estado	54
Imagen 19: Dimensiones de la caja de herramientas implementada para el cambio de molde.....	55
Imagen 20: Desorganización de herramientas antes del cambio de molde	56
Imagen 21: Mejora aplicada con la implementación de la caja de herramientas	57
Imagen 22: Ficha de preparación para el cambio de molde	58
Imagen 23: Aplicación de la mejora añadiendo un operario al cambio de molde.....	61
Imagen 24: Operario siguiendo las instrucciones de las fichas de procedimientos	62
Imagen 25: Capacitación sobre SMED vía Google Meet - PLASTIMET S.A.C.....	63
Imagen 26: Finalización de la exposición y retroalimentación.....	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Sectores Productivos en el Perú que demandan mayor productos plásticos - 2019	11
Gráfico 2: Layout Primer Nivel.....	38
Gráfico 3: Mapa de Procesos	39
Gráfico 4: Diagrama Causa y Efecto	42
Gráfico 5: Comparativa de producción anual	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de Variables	32
Tabla 2: Productos de la línea de soplado Pastimet S.A.C.....	36
Tabla 3: Productos Elaborados en la línea de inyección	37
Tabla 4: Caracterización de proceso	40
Tabla 5: Producción Conos Súper Jumbo	43
Tabla 6: Producción Tapa Roja B36	43
Tabla 7: Procedimiento para la aplicación SMED.....	46
Tabla 8: Lista de Chequeo.....	47
Tabla 9: Registro y cronometraje de actividades	49
Tabla 10: Diagrama de Análisis del Proceso DAP	51
Tabla 11: Ficha de separación de actividades.....	52
Tabla 12: Listado de Herramientas y accesorios para el cambio de molde	56
Tabla 13: Ficha de Observación SMED - Mejoras aplicadas.....	60
Tabla 14: Costos de producción Cono Súper Jumbo	65
Tabla 15: Costo de producción y precio de venta por unidad.....	65
Tabla 16: Comparación de unidades producidas	67
Tabla 17: Evaluación del incremento productivo por frecuencia de cambio de molde y orden de producción	68
Tabla 18: Gastos para la aplicación de las mejoras.....	69

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Porcentaje de reducción del tiempo con mejora SMED	61
Ecuación 2: Cálculo de la producción de conos durante un turno	66
Ecuación 3: Cálculo del tiempo reducido por la aplicación del SMED	66
Ecuación 4: Cálculo de los conos producidos durante el tiempo reducido y su valor económico.....	67
Ecuación 5: Porcentaje del incremento de producción durante el turno de cambio de molde.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Carta de compromiso para la ejecución del Proyecto de Investigación....	75
Anexo 2: Ficha de observaciones antes de ser aplicada la mejora	76
Anexo 3: Ficha de observación SMED	77
Anexo 4: Ficha de preparación para el cambio de molde.....	78
Anexo 5: Ficha de observación SMED - Mejora aplicada.....	79
Anexo 6: Ficha de procedimientos para el cambio de molde – Página 1/4	80
Anexo 7: Ficha de procedimientos para el cambio de molde – Página 2/4	81
Anexo 8: Ficha de procedimientos para el cambio de molde – Página 3/4	82
Anexo 9: Ficha de procedimientos para el cambio de molde – Página 4/4	83
Anexo 10: Tomas de tiempo de cambio de molde máquina Haitian 1	84
Anexo 11: Producción del Cono Super Jumbo - PLASTIMET S.A.C.	84

INTRODUCCIÓN

La industria del plástico en la actualidad muestra un crecimiento de gran importancia debido a la necesidad de sustituir a otros materiales manteniendo la calidad y ofreciendo una gran variedad de productos a un costo relativamente bajo, el plástico contiene propiedades que lo hacen un material con una gran diversidad de uso, por ejemplo, como aislantes térmicos y eléctricos con una gran flexibilidad y una muy buena resistencia a diferentes agentes químicos.

En nuestro país es considerada como la quinta actividad industrial más innovadora con una oferta de más de 18 mil millones de soles en el país, asimismo el crecimiento de la industria del plástico es de un 3.2% anual debido a la demanda del sector construcción y la agroindustria [1].

El presente proyecto de investigación plantea la aplicación de la herramienta de mejora continua SMED para optimizar el tiempo en el cambio de molde, y por ende conseguir un aumento en la productividad de la máquina que se mostrará reflejado mediante un impacto económico favorable para la empresa PLASTIMET S.A.C.

En el primer capítulo se realizó una descripción de los objetivos planteados, así como la principal problemática y justificación delimitando los alcances para el desarrollo de este proyecto de investigación.

En el segundo capítulo se desarrolló toda la fundamentación teórica presentando antecedentes y conceptos de otras investigaciones que sirvan de apoyo y comparativa para la aplicación de la herramienta SMED.

En el tercer capítulo se expuso la metodología desarrollada en esta investigación describiendo el tipo, método y técnicas utilizadas, así como la operacionalización de las variables.

En el cuarto capítulo se presenta el diagnóstico de la situación de la empresa realizando una descripción de la organización, línea de producción, máquina y producto a estudiar.

El quinto capítulo desarrolla toda la aplicación de la herramienta SMED presentando las fichas de observación y toma de tiempos, de igual manera en este capítulo se detalla la implementación de las mejoras analizando y evaluando el impacto económico de los resultados que consiguió la aplicación de la herramienta SMED para la reducción del tiempo de cambio de molde.

Al finalizar el documento se realiza la discusión de resultados y se presentan las conclusiones, recomendaciones y bibliografía consignando los anexos necesarios.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

El presente capítulo tiene como objetivo exponer las generalidades de esta tesis desarrollando puntos como el planteamiento del problema, objetivos, justificación, alcances y limitaciones.

1.1. Título

Aplicación de la herramienta SMED para la reducción del tiempo de cambio de molde en la línea de inyección de plásticos de la empresa PLASTIMET S.A.C.

1.2. Planteamiento del problema

PLASTIMET S.A.C. es una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de productos plásticos usando el método de soplado e inyección, esta empresa tiene como principales clientes a grandes mineras y empresas del rubro textil, la empresa viene pasando por diferentes problemas en el área de producción, específicamente en la línea de inyección de plásticos, uno de los principales problemas es el retraso en el arranque de producción lo que origina retardo en la entrega del lote de productos y por ende un incumplimiento de lo planificado, este problema es de suma prioridad puesto que la empresa en los últimos años ha logrado ingresar al mercado internacional, por lo que necesita optimizar su capacidad productiva y lograr satisfacer las necesidades de su demanda actual, una las causales de estos problemas es el elevado tiempo que

ocupan para realizar el cambio de molde en sus máquinas de inyección, esto ocurre también por el hecho de que se sigue trabajando de la misma manera que en años anteriores pero con un mercado actual más exigente y competitivo, lo que ocasiona que sus potenciales clientes busquen alternativas distintas que otorguen el mismo servicio, a menor tiempo y a un precio competitivo.

1.3. Pregunta de Investigación

¿En qué medida puede la aplicación de la herramienta SMED contribuir en la reducción del tiempo de cambio de molde en una máquina inyectora de plástico en la empresa PLASTIMET S.A.C.?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Aplicar la herramienta SMED para la reducción del tiempo de cambio de molde en una línea de inyección de plásticos.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar las actividades que incrementan el tiempo de cambio de molde en la máquina.
- Implementar la herramienta SMED para reducir el tiempo de cambio de molde en una máquina de inyección de plástico.
- Evaluar el impacto económico de la reducción del tiempo de cambio de molde después de ser implementado la herramienta SMED.

1.5. Justificación

Una de las prioridades actualmente en todo tipo de organización es la mejora continua, por ello es necesario que las empresas estén en constante aplicación de herramientas

que puedan optimizar sus procesos y mejorar su productividad, adaptándose a la exigente demanda de un creciente mercado que cada día se vuelve más competitivo. PLASTIMET S.A.C. es una empresa dedicada a la elaboración de productos a base de plástico mediante el proceso de soplado e inyección, este último presenta un deficiente manejo de tiempo para el cambio de moldes en sus máquinas inyectoras. Debido a esto es que se considera necesario la aplicación de la herramienta SMED como parte de la metodología Lean Manufacturing para la reducción de tiempos o eliminación de actividades que no agreguen valor al cambio de molde. De igual modo los resultados serán evaluados mediante un estudio de impacto económico, el cual nos proporcionará una mejor perspectiva sobre el impacto de la herramienta SMED en la producción de la máquina.

Así mismo la presente investigación pretende servir de apoyo a futuras investigaciones que planteen aplicar la herramienta SMED para la reducción del tiempo en el cambio de molde de máquinas inyectoras.

1.6. Alcance

El presente proyecto de tesis se desarrolla en el área de inyección de la empresa PLASTIMET S.A.C., específicamente en la máquina de inyección “Haitian 1” modelo MA1600 y al molde del producto “Cono Super Jumbo”.

1.7. Limitaciones

- La presente investigación no consideró el cálculo del indicador O.E.E. debido a la confidencialidad de ciertos datos que no fueron proporcionados por la empresa.
- Para el desarrollo de la aplicación en las mejoras se maneja un reducido presupuesto, así como la falta de algunos datos técnicos referentes a la máquina evaluada.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Este segundo capítulo desarrolla la base teórica y los antecedentes de investigaciones que sirven de apoyo para el desarrollo de esta tesis.

2.1. Estado del Arte

En el 2016 se desarrolló una propuesta de mejora en una empresa productora y comercializadora de productos plásticos ubicado en el distrito, provincia y departamento de Lima – Perú, inicialmente el autor identifica como principal problema el excesivo tiempo que se emplea para el cambio de los moldes en sus líneas de inyección, es por ello que ejecuta la implementación de las herramientas Lean Manufacturing como son 5'S y SMED. Como resultados de la primera herramienta aplicada obtuvo una mejora considerable en la cultura de los operarios sobre la limpieza, orden y mejora continua en sus áreas de trabajo. Con la implementación de la herramienta SMED concluyó que la necesidad de una grúa aérea para el levantamiento y colocación de los moldes reducía considerablemente el tiempo de cambio, asimismo, determinó que un cambio en el sistema de las conexiones de agua que reducía actividades y movimientos innecesarios durante el cambio de los moldes [2].

Dentro de lo que plantea Arroyo en su plan de mejora en la empresa de plásticos Geka Corp. S.A.C. ubicado en el distrito de Comas, Lima. Identifica un problema el cual era

era la existencia de tiempos muertos en el área de inyección exactamente en la operación de cambio de molde, es por ello que nota indispensable trabajar con herramientas Lean Manufacturing (SMED, 5´S) Benchmarking y Just in Time para la reducción de estos tiempos muertos. De este proyecto el autor concluyó que el traslado de moldes y desplazamientos innecesarios del trabajador por motivos de la falta de orden de los equipos y herramientas ocasionaba una gran pérdida de tiempo [3].

En la propuesta de mejora de la compañía de Plásticos S.A.S. ubicada en la ciudad de Cali, Colombia. Plantea como problemática los tiempos muertos existentes en el proceso de cambio de molde en máquinas de inyección de preformas, es así que ve adecuado la aplicación de la herramienta SMED para la reducción de actividades innecesarias y la metodología Lean Six Sigma para delimitar las fases del proceso de mejora continua que el autor plantea. Finalmente, el autor concluye que el estandarizar los procedimientos del cambio de molde eliminando actividades que no agregan valor al proceso y el mejorar el orden y limpieza de las herramientas reduce en gran cantidad los tiempos muertos [4].

En el año 2016 se presenta un plan de mejora en una empresa dedicada a la producción de preformas PET ubicada en la ciudad de Cali, Colombia. El autor expone como problemática los tiempos muertos en las operaciones de preparación y montaje de molde, por ello plantea la aplicación de herramientas Lean Manufacturing como son SMED, 5´S, POKA YOKE y TPM para la reducción de los tiempos muertos encontrados. Como conclusión de la aplicación de estas herramientas el autor logró reducir en un 43% el tiempo de cambio de molde [5].

En la empresa ETNA S.A dedicada a la fabricación de baterías automotrices e industriales ubicada en la ciudad de Lima – Perú. El problema que el autor identifica es el desorden y la demora en el proceso de montaje de moldes y la falta de programación de las disponibilidades de los moldes. Por ello, se aplica las herramientas Lean Manufacturing (SMED, 5´S y Poka Yoke), como resultados de la

aplicación de estas herramientas se obtuvo una reducción considerable de los tiempos de cambio de molde, asimismo se aumentó la frecuencia mensual de los montajes de moldes aumentando su disponibilidad y mejorando los tiempos de entrega [6].

Dentro del plan de mejora en la empresa de plásticos ASPEL ubicado en la ciudad de Querétaro, México. El autor plantea reducir los tiempos en la operación de cambio de molde mediante la herramienta SMED, como resultados de su investigación se elaboró un manual de procedimientos de cambio de molde para reducir las actividades innecesarias y reducir los tiempos muertos existentes [7].

Se expone en el proyecto de investigación de Ávila, como principal problemática de la empresa de plásticos MegasPlast S.A.C. ubicada en Guatemala, el exceso de tiempos muertos en el cambio de molde de máquinas inyectoras de plástico, todo esto lo identificó mediante el uso de herramientas de ingeniería como son, diagramas de flujo, diagramas causa-efecto y un mapa de procesos. Para la optimización de estos tiempos utilizó la herramienta SMED lo cual redujo el tiempo en un 46% en máquinas grandes y pequeñas y un 63% en máquinas medianas [8].

En el año 2017 se desarrolla una propuesta de mejora en una empresa de plásticos en Bogotá aplicando como principales herramientas Lean Manufacturing las 5'S, Kaizen, Kanban y Poka Yoke, lo que sirvió a que el autor pueda identificar el problema en el proceso de moldeo por inyección y pueda diseñar documentos que permitan obtener información del proceso en tiempo real para posteriormente plantear estrategias de mejora en la fabricación del plástico [9].

Se plantea un plan mejora en la empresa MUNDIPLAST ubicada en Quito, Ecuador. Para ello, aplicó las herramientas Lean Manufacturing (TPM, SMED y 5'S) y elaboró un análisis de Ishikawa y de Pareto para determinar las áreas que más dificultades presentaban en el proceso y determinar los equipos que más paradas y desperdicios de materias primas generaban [10].

La empresa Plásticos A.S.A ubicada en Lima, Perú, identifica como principal problema en el proceso de inyección de plásticos la operación de cambio de molde puesto que origina demasiados tiempos muertos debido a la carencia de un sistema de revisión y control. Por ello, hace uso de la herramienta SMED logrando incrementar la productividad de la máquina en un 11% evidenciando así una mejora considerable con el uso de esta herramienta Lean Manufacturing [11].

En el año 2018 se realizó un estudio para poder optimizar el proceso productivo en una empresa de plásticos ubicada en la ciudad de Lima-Perú, para ello el autor aplicó la metodología Lean Manufacturing y así poder minimizar las mermas, paradas y reprocesos, una de las herramientas que se destaca en este trabajo de investigación es la herramienta SMED que ayudó a controlar y reducir tiempos de actividades que no agregaban valor al proceso de producción [12].

En Bogotá-Colombia se realizó un trabajo de rediseño de un sistema de producción ineficiente en el área de inyección de una empresa de plásticos, el autor plantea reducir todos los desperdicios generados en el proceso de producción, uno de ellos es el desperdicio de movimientos o actividades en el cambio de formato para otro producto, esto fue minimizado mediante el uso de la herramienta SMED que ayudó a organizar y mejorar el orden de las herramientas necesarias para una actividad determinada [13].

En México se elaboró un plan de mejora para reducir el tiempo de cambio de molde en una máquina inyectora en una planta dedicada a la fabricación de interiores automotrices, se implementó la herramienta SMED para poder reducir tiempos en transporte de moldes, actividades innecesarias y mejora en la organización de los equipos y herramientas. Como resultado obtuvo una reducción de un 37% en el tiempo empleado para el cambio de molde y un aumento de 1.58% en la capacidad del proceso, se puede rescatar de este proyecto de investigación el uso del software minitab para graficar estadísticamente las mejoras obtenidas después de la aplicación de la metodología [14].

En el año 2018 se realizó un proyecto de mejora para estandarizar los procesos en una empresa de plásticos, para ello se implementó la metodología lean manufacturing que ayudó fundamentalmente a mejorar el proceso productivo mediante la eliminación de actividades que suponían un sobreproceso, esto gracias a la aplicación de la herramienta SMED que contribuyó a la correcta organización de las herramientas y piezas necesarias para cada actividad. De este proyecto se destaca la implementación de paneles para la colocación de información acerca de la maquinaria o del uso correcto de las herramientas que ayuden al operario a realizar su trabajo correctamente [15].

Un estudio realizado en la ciudad de Lima sugiere la aplicación de la herramienta Lean Manufacturing VSM (Value Stream Mapping) para hallar el punto crítico en el proceso de producción y atacar directamente al problema identificado, así también plantea la aplicación de las herramientas 5'S y SMED para la optimización de tiempos muertos en los cambios de molde, mejorar el orden y la limpieza, así como la reducción de actividades que no agregan valor al proceso [16].

Se desarrolla un plan de mejora en la que se aplica la herramienta Lean Manufacturing SMED para la reducción del tiempo en el cambio de molde de sus máquinas inyectoras, destacando de este proyecto el diseño de un postizo nuevo personalizado y que estará fijado mediante tornillos ubicados en la cavidad del molde, de esta manera el operario podrá realizar el cambio de postizos sin necesidad de desmontar el molde de inyección y así reducir en gran medida el tiempo de cambio de moldes [17].

Entre las estrategias planteadas por Sifuentes en el 2017, se destaca la de reducir mediante la aplicación de la herramienta SMED el tiempo de preparación mecánica al inicio de cada producción, para ello incrementa el número de ayudantes y balancea el cargo de trabajo para cada uno de manera que no exista un sobrecargo de esfuerzo en los operadores. Finalmente, el autor desarrolla un nuevo procedimiento de trabajo

que ayude al trabajador a realizar su trabajo en mucho menor tiempo y reduciendo los problemas que puedan suscitarse en el desarrollo de la preparación mecánica [18].

Dentro de los problemas detectados por González en su proyecto de investigación es la sobreproducción de muchos productos plásticos debido a una mala distribución de su almacén y una mala planificación de la producción, también describe como un problema el tiempo exagerado de producción de lotes pequeños que son originados por la demora en los cambios de molde y falta de abastecimiento de materia prima, los que pudo solucionar con la aplicación de herramientas Lean Manufacturing que optimizó los procedimientos de muchas actividades que no agregaban valor al proceso productivo, destacando de este proyecto la creación de estantes para el almacenamiento de herramientas ubicados estratégicamente para facilitar muchas actividades [19].

Dentro de las conclusiones expuestas por Cardona y Tirado se detalla una reducción de tiempos muertos en diferentes actividades y la disminución de desperdicios, de igual manera se refleja un incremento de la capacidad y del tiempo disponible para producción, se resalta de esta investigación el uso del software Arena para la validar la efectividad de las herramientas Lean Manufacturing aplicadas y de los resultados obtenidos [20].

Una de las propuestas planteadas por Valpuesta es la creación de pequeños carros para transportar de una manera segura las herramientas desde la zona donde se almacenan hasta la zona de las máquinas donde serán utilizadas, todo ello por el hecho de que las herramientas tienen un elevado costo y un gran peso, como aplicación de la herramienta SMED este carro estaría ubicado muy cerca de las máquinas para que puedan ser utilizadas y transportadas más rápido a otras zonas donde se necesiten [21].

La investigación elaborada por Sarmiento en el año 2018 identifica como problemática de la empresa Mundiplast la falta de espacio debido al almacenamiento de elementos

innecesarios y la demora en la producción debido a paradas no programadas y un inexistente procedimiento de estandarización para el montaje y desmontaje de moldes. Es por ello, que el autor ve conveniente utilizar las herramientas Lean Manufacturing para minimizar la problemática y mejorar la productividad, destacando de esta investigación el uso de la herramienta SMED para la optimización del tiempo el cambio de molde logrando reducir un 40.04% el desmontaje y un 23,61% el montaje de los moldes [22].

2.2. Marco Teórico

2.2.1.El Plástico

El plástico es un compuesto formado por moléculas cuyas estructuras son muy resistentes y cuyas propiedades permiten su moldeo mediante algún factor externo como el calor y la presión, se producen mediante el proceso de polimerización creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas, sintéticas o semisintéticas [23].

Los plásticos son caracterizados por su relación entre resistencia y densidad, siendo muy buenos aisladores térmicos y eléctricos. El tipo de composición de las moléculas se pueden presentar como lineales, ramificadas o entrecruzadas. Estas composiciones dan origen a dos tipos de plásticos, las termoplásticas, las cuales se pueden ablandar con calor, y las termoendurecibles que se endurecen con el calor [24].

Los plásticos son un punto importante en el desarrollo de muchos sectores como el de los envases, el transporte, la construcción, etc., por lo que forman parte de nuestra vida diaria. Estas se dividen en tres grupos según la disposición de las moléculas de las que están constituidas, estas son: termoplásticos, termoestables y elastómeros [25].

2.2.2. Historia

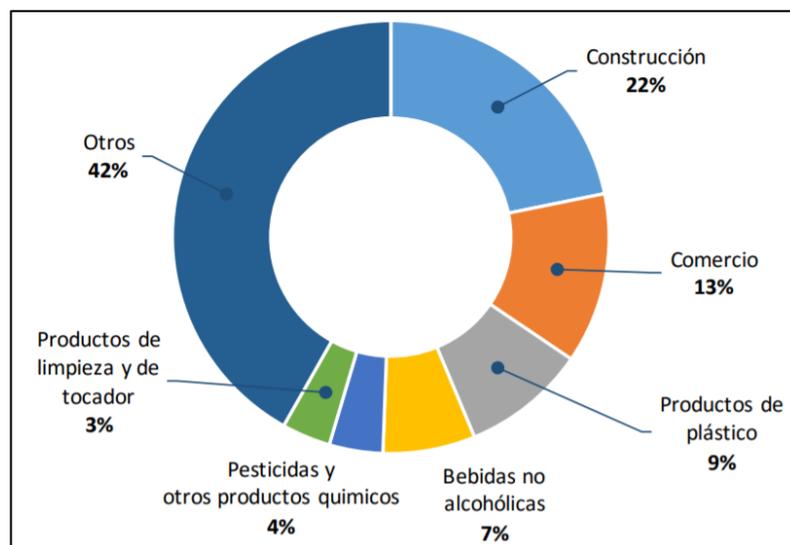
En el año de 1860 se realizó un concurso cuyo objetivo era el de presentar propuestas para sustituir el marfil natural ofreciendo un bono de diez mil dólares a quien pueda lograrlo. Es por ello que el inventor Wesley Hyatt desarrolló un celuloide mediante la disolución de un hidrato de carbono obtenida de las plantas llamada celulosa logrando su aplicación en diversas industrias [26].

En el año de 1909 Leo Hendrik Baekeland un químico proveniente de Estados Unidos, logró sintetizar un polímero al cual se le denominó con el nombre de baquelita, un plástico completamente sintético el cual lograba moldearse de una manera muy versátil y de cuya solidificación resultaba un producto de gran dureza, asimismo presentaba propiedades como la resistencia al agua y a diferentes disolventes y a la no inflamabilidad.

2.2.3. Industria del plástico en el Perú

Según el reporte del IEES en el 2019 la industria del plástico en el Perú creció un 4.2% en relación al periodo anterior, esto debido al aumento en la demanda de tubos, placas, láminas y cintas de plástico [27].

Gráfico 1: Sectores Productivos en el Perú que demandan mayor productos plásticos - 2019



Fuente: [27]

El futuro de la industria peruana de plásticos obtiene una visión positiva principalmente para todas aquellas empresas del sector privado que forman parte de esta, por ello que es de vital importancia la inversión en la innovación, desarrollo e investigación que impulse a la industria lograr niveles competitivos para las exigentes necesidades del mercado mundial [28].

En el año 2019 el Perú se ubicó en la posición 65 del Ranking de Competitividad Global elaborado por el Foro Económico Mundial, esto es un factor muy importante puesto que hace del país un sector atractivo para la inversión extranjera, de igual manera el periodo de crecimiento en la que atraviesa el Perú influye también en el crecimiento en la industria peruana incluyendo la industria del plástico.

2.2.4. Tipos de plásticos según su conducta al calor

Para poder clasificar los tipos de plásticos se deben de tener en cuenta dos criterios muy importantes, que son: La reacción frente a la alta temperatura y el tipo de proceso de polimerización en el que son producidos. Según su conducta frente al calor se clasifican en:

2.2.4.1. Termoplásticos

Los termoplásticos están compuestos de cadenas lineales o ramificadas y poseen la propiedad de ablandarse con la presencia de calor, los termoplásticos presentan una gran variedad de tipos, pero de éstos se pueden destacar seis principales divididos en base al tipo de resina que los constituyen [29].

a. Tereftalato de polietileno (PET)

Estos polímeros destacan debido a sus propiedades mecánicas como su alta maleabilidad y resistencia química, debido a la estructura que tienen es que presentan propiedades de transparencia. Actualmente su aplicación es cada vez más diversa en la industria puesto que ofrece una alta calidad y un ligero peso, ejemplos de este termoplástico son las botellas, hilos de costura, mangueras, cerdas de brochas y cepillos, juguetes, etc.

Imagen 1: Preformas PET



Fuente: [30]

b. Polietileno de alta densidad (PEAD o HDPE)

Este termoplástico destaca principalmente por su baja conductividad térmica, su gran flexibilidad, ligereza, resistencia a los ácidos e impactos y presenta propiedades incoloras y translúcidas y una baja conductividad térmica, su aplicación industrial principal está presente en la fabricación de tuberías para saneamiento, presión y drenaje de agua, gas, etc. Otras aplicaciones importantes son en la fabricación de envases, tapas de botellas, bolsas, y aislantes [31].

Imagen 2: Planchas y tubos fabricados con PEAD



Fuente: [32]

c. Polietileno de baja densidad (PEBD)

Debido a la estructura de cadenas muy ramificadas del PEBD es que su densidad sea mucho menor que la del PEAD. Una de sus principales propiedades es la escasa dureza, pero con muy buena resistencia al impacto y a la elongación. Su aplicación en la industria sirve para la fabricación de films de embalajes, bolsas para agrícola [33].

Imagen 3: Film de embalaje industrial fabricado con PEBD



Fuente: [34]

d. Polipropileno (PP)

El Polipropileno es uno de los termoplásticos con gran expansión en el mercado debido a su gran variedad de uso y su bajo costo de producción, así mismo cuenta con propiedades de alta resistencia a la fatiga y al impacto, alta rigidez y baja densidad, debido a esto es que se utilizan para la elaboración de parachoques de automóviles, fibras de tejidos, empaques, films, depósitos, y componentes que requieran una buena resistencia y gran dureza [35].

Imagen 4: Diferentes aplicaciones del Polipropileno (PP)



Fuente: [36]

e. Poliestireno (PS)

Es uno de los termoplásticos más conocidos puesto que es el más económico en parte debido también a que no soporta muy altas temperaturas, en el ámbito industrial es usado en su forma sólida como en espuma. Una de sus principales propiedades son el aislamiento y su fácil maleabilidad, un ejemplo claro de esto es la espuma de poliestireno usado como aislante en diferentes electrodomésticos, repuestos, etc. También es usado para envases alimenticios (Poliestireno en espuma) puesto que mantiene los productos más frescos debido al aislamiento ya mencionado.

Imagen 5: Diferentes aplicaciones del Poliestireno



Fuente: [37]

f. Policloruro de vinilo (PVC)

El PVC es la resina sintética cuya formulación y procesamiento es de las más complejas, sus principales propiedades son la resistencia al fuego, aislamiento térmico, eléctrico y acústico, fácil maleabilidad que lo hace un termoplástico de los más versátiles en la industria ocupando el segundo lugar en consumo después del polietileno [38].

Imagen 6: Productos elaborados con PVC



Fuente: [39]

2.2.4.2. Termoestables

Los termoestables poseen macromoléculas que se entrecruzan formando una red de malla cerrada este tipo de estructura les otorga propiedades de dureza y resistencia al calor por lo que solo se pueden deformar una vez. Las resinas más usadas son las de poliéster no saturado, las epóxicas y las fenólicas [40].

2.2.4.3. Elastómeros

Los elastómeros poseen uniones más débiles a diferencia de los termoestables, por lo que tienen propiedades de elasticidad y de tolerar grandes deformaciones, esta incluidas en este grupo los cauchos, las siliconas, etc [29].

2.2.5. Tipos de Plásticos según el proceso de polimerización

La clasificación de los plásticos puede darse también por el tipo de proceso en el que son producidos, resaltando dos principales: Polimerización por Adición y Polimerización por Condensación.

2.2.5.1. Polimerización por Adición

En los polímeros de adición, la polimerización procede por una integración consecutiva de monómeros a una cadena polimérica en proceso de formación siempre que existan electrones libres, cuando esta posibilidad no sucede la polimerización se cancela, esto debido a diferentes factores como la combinación de dos cadenas con electrones libres

o alguna reacción con radicales resultantes de catalizadores o impurezas [41]. Las principales etapas del proceso de polimerización por adición son:

- Etapa de Iniciación, cuando por la acción de peróxidos se rompe la estructura originando radicales libres;
- Etapa de Propagación, incremento espontáneo de la cadena;
- Etapa de Terminación, integración de un radical libre finalizador o radical resultante de catalizadores o impurezas.

2.2.5.2. Polimerización por Condensación

Este tipo de polimerización varía en el proceso de formación de enlaces entre los monómeros puesto que está condicionada a la liberación de moléculas muy pequeñas como las del agua, amoníaco, etc. Y que al menos dos de los monómeros sean distintos. Un ejemplo de polímeros con este tipo de polimerización son los que forman el nylon, los poliacetales y los poliésteres.

2.2.6. Procesos de fabricación de plásticos

Para la elaboración de los plásticos se utilizan diversos procesos tales como, inyección, soplado, colada, calandrado, por vacío, extrusión, termoformado, rotomoldeo e inmersión, siendo de los más utilizados en la industria el proceso de soplado e inyección de plásticos.

2.2.6.1. Proceso de moldeo por soplado

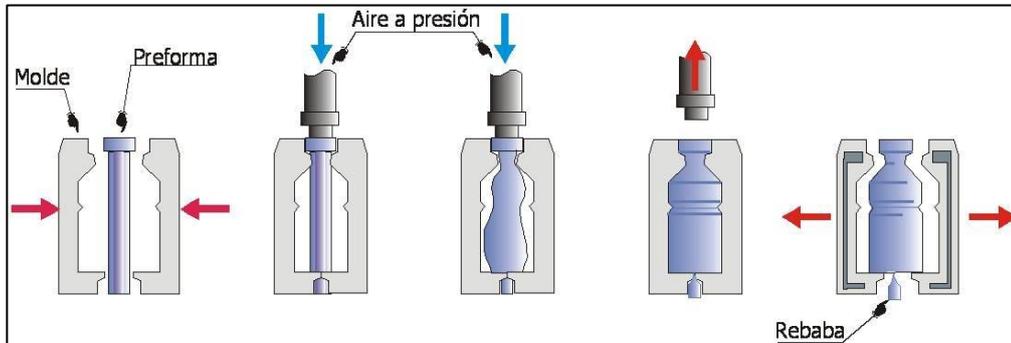
Es un proceso utilizado para la fabricación de productos plásticos vacíos y huecos debido a la expansión del material por medio de la presión que ejerce el aire en las paredes de la preforma tomando la forma del molde, se puede clasificar en dos principales tipos, proceso de Extrusión – soplado y proceso de inyección - soplado.

a. Proceso de Inyección – Soplado

El proceso empieza principalmente escogiendo el tipo de materia prima que será utilizado, en este caso se hace uso de preformas y dependiendo del polímero es que se regula la temperatura y el tiempo de soplado, una vez que el producto consiga la

temperatura adecuada es introducido en un molde y soplado hasta que tome la geometría final, después la pieza es solidificada mediante algún sistema de refrigeración.

Imagen 7: Proceso de inyección - soplado de plásticos

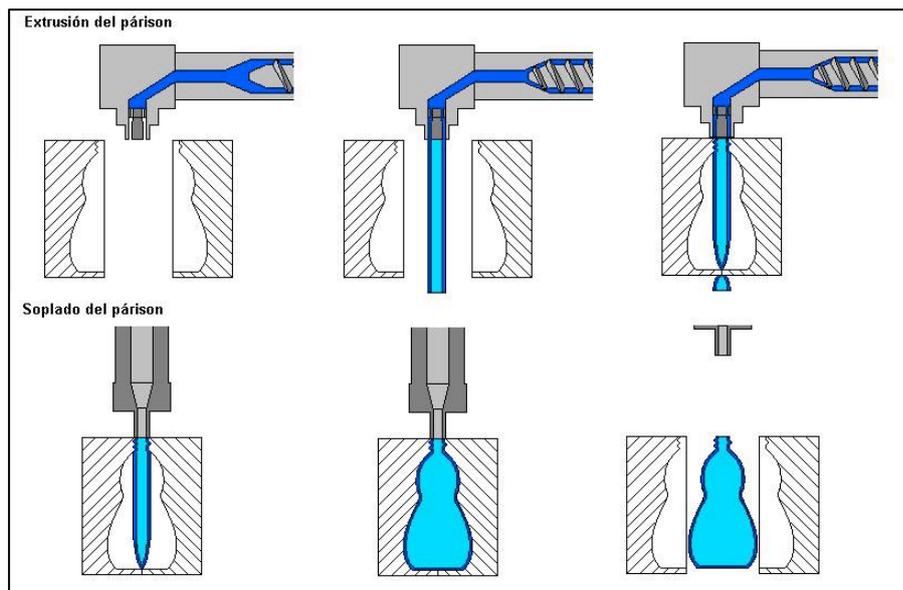


Fuente: [42]

b. Proceso de Extrusión – Soplado

Es un proceso de soplado caracterizado principalmente por el párison, una manga tubular conformada por extrusión cumpliendo un funcionamiento parecido al de las preformas el cual posteriormente es soplado dentro del molde y enfriado por un sistema de refrigeración. En este proceso se pueden controlar diferentes aspectos como el espesor, el peso, y capacidad dependiendo de variabilidad de la boquilla [43].

Imagen 8: Proceso de extrusión - soplado de plásticos



Fuente: [44]

2.2.6.2. Proceso de moldeo por inyección

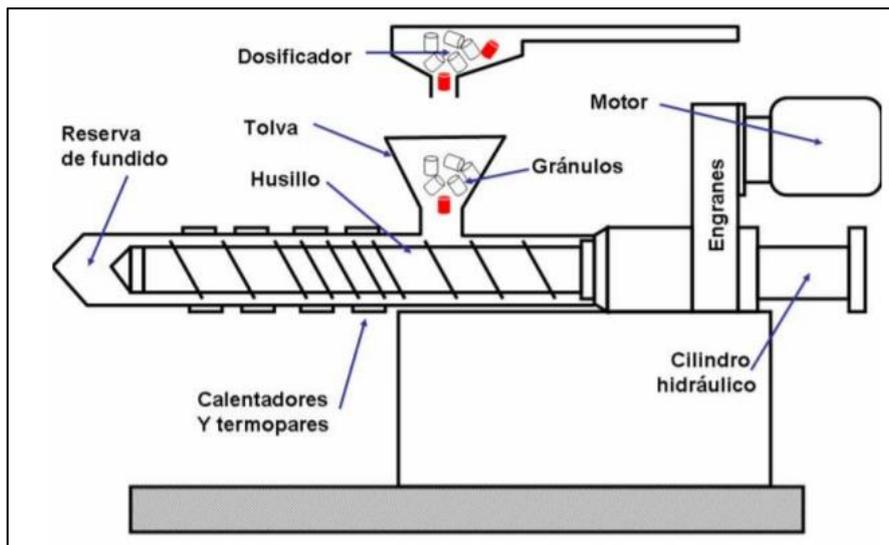
El moldeo por inyección para Beltrán y Marcilla “consiste en fundir un material plástico en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades de un molde, donde se enfría hasta una temperatura a la que las piezas puedan ser extraídas sin deformarse. El proceso puede dividirse en dos fases; en la primera tiene lugar la fusión del material y en la segunda la inyección del mismo en el molde” [45].

El proceso de inyección es utilizado para la elaboración de productos con grandes propiedades químicas y mecánicas, para ello es necesario una máquina inyectora de plástico, moldes, materia prima y otros periféricos más complejos [46].

El moldeo por inyección comprende tres operaciones básicas, las cuales son:

- Elevar la temperatura del plástico a un punto donde pueda fluir bajo la aplicación de presión. Normalmente esto se hace calentando y masticando los gránulos sólidos del material hasta formar una masa fundida con una viscosidad y temperatura uniforme;
- Permitir la solidificación del material en el molde cerrado. En esta etapa el material fundido ya plastificado es inyectado a través de la boquilla, que conecta el barril hacia los varios canales del molde hasta llegar a las cavidades donde toma la forma del producto final;
- Apertura del molde para la extracción de la pieza. Esto se hace después de mantener el material bajo presión dentro del molde y una vez que el calor (el cual se aplicó para plastificarlo) es removido para permitir solidificar el material en la forma deseada [47].

Imagen 9: Diseño general de una unidad de inyección de plásticos



Fuente: [43]

2.2.7. Máquinas de inyección de plástico

Se pueden definir como equipos de alta productividad encargadas del moldeo de polímeros mediante la inyección del material en moldes formando productos que cumplan ciertos estándares de calidad.

El proceso ejecutado por estas máquinas consiste en elevar la temperatura del material termoplástico el cual puede presentarse tanto en gránulos como en polvos, esto es transformado en una masa plástica y por medio del husillo es donde el material se homogeniza y transforma, finalmente el polímero es inyectado en la cavidad del molde del cual tomará su forma y mediante un sistema de refrigeración es solidificado [48].

2.2.7.1. Tipos de máquinas de inyección de plástico

Las máquinas de inyección se clasifican según el tipo de elemento que utilizan en su unidad de pre plastificación, en los que destacan dos tipos principales que son, las máquinas de inyección con pistón o émbolo y las máquinas de inyección de husillo.

a. Máquinas de inyección con pistón o émbolo

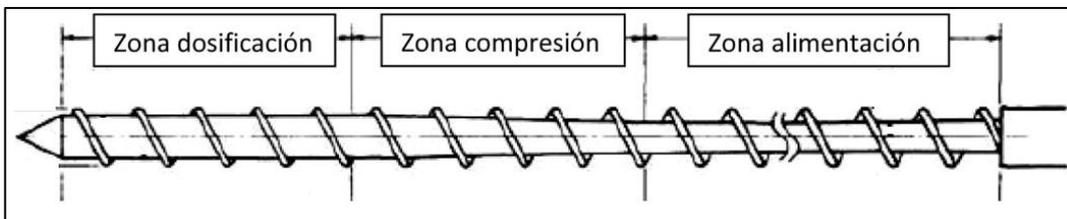
Una de las particularidades presentes en estas máquinas de inyección es el mecanismo de husillo que se le acopla para la plastificación previa del material que

aumenta considerablemente la producción y el volumen de la carga, lo que permite combinar la capacidad de plastificación elevada de estas máquinas con la gran presión de inyección que ejerce [48].

b. Máquinas de inyección de husillo

La gran capacidad de esta máquina es la de inyectar materiales termoplásticos de alta y baja viscosidad, lo que la hace muy flexible tanto para la inyección de polipropileno, polietileno, poliestireno y otros derivados como también resinas de ingeniería (policarbonato) pudiendo alcanzar altas velocidades de producción [48].

Imagen 10: Zonas de funcionamiento del husillo



Fuente: [49]

2.2.7.2. Principales módulos de las máquinas de inyección

Una máquina de inyección de plásticos posee tres módulos principales, que son: la unidad de inyección, la unidad de cierre, y la unidad de control o interfaz Hombre-Máquina (HMI).

a. Unidad de inyección

Es la unidad encargada de la fundición, mezcla e inyección el material termoplástico en las cavidades de los moldes.

b. Unidad de cierre

Es la parte de la máquina que soporta, abre y cierra el molde, cuenta con una fuerza de cierre para contrarrestar la fuerza que el polímero fundido ejerce al ser inyectado en el molde de modo que el material no pueda fugarse por las uniones del molde.

Las máquinas de inyección realizan tres tipos de mecanismos de cierre, los cuales son: hidráulico directo, de palancas acodadas o tipo de tensión de barra. La máquina

del tipo hidráulico es el más usado pues es capaz de aplicar una fuerza de cierre uniforme al molde [50].

c. La Unidad de Control

Es la unidad encargada de la manipulación de varios componentes de la máquina mediante un gabinete eléctrico también denominado como Interfaz Hombre Máquina (HMI), este gabinete contiene un controlador lógico programable (PLC) que regula el funcionamiento correcto de las operaciones de la máquina.

2.2.7.3. Ciclo de inyección en las máquinas

El ciclo de inyección está formado por los tiempos y acciones que realiza la máquina para la fabricación del material plástico.

a. Cierre del molde

Tiempo en que los accionamientos mecánicos de la máquina ejecutan el movimiento de cerrar el molde, para esto se deben cumplir ciertos parámetros como la velocidad, fuerza y la correcta lubricación del molde y de los accionamientos.

b. Inyección del material

Dependiendo del tipo de máquina el pistón o el husillo realiza la inyección del material en el molde, el tiempo y la velocidad del husillo o pistón dependerá del tamaño del molde y del polímero utilizado puesto que las temperaturas son propias de cada plástico.

c. Tiempo de moldeo o compactación

Es el tiempo en el cual el material se contrae y por ende comienza a enfriarse dentro del molde, es por ello que se introduce un poco más de material para compensar el material reducido por la contracción tratando de mantener la correcta presión en el molde. En esta etapa es donde depende las características finales del producto como su peso, espesor, homogeneidad y correcta solidificación para evitar fugas o problemas de llenado.

d. Enfriamiento del material

Se toma en cuenta que el enfriamiento del material comienza desde que el polímero se enfría tocando las paredes del molde hasta que el material es extraído de la máquina por lo que podría considerarse que el enfriamiento se realiza también en el tiempo de moldeo y compactación, este enfriamiento se debe también al sistema de refrigeración de la máquina que mediante tuberías hacia las cavidades del molde envía agua y aire solidificando el material.

e. Apertura del molde y extracción de la pieza

Tiempo en el que los accionamientos mecánicos o hidráulicos abren el molde para lograr sacar las piezas que han adquirido la geometría del molde utilizado.

2.2.7.4. Molde de inyección de plástico

Pieza interiormente hueca que consta de dos placas que conforman la estructura o forma que se quiere moldear, en las máquinas de inyección una placa se encuentra fija mientras que la otra es móvil [51].

Uno de las características más importantes en los moldes de inyección es la uniformidad en la temperatura de la pieza durante el enfriamiento, por ello es que los moldes poseen una serie de cavidades en las que circula generalmente agua para su correcta refrigeración [45].

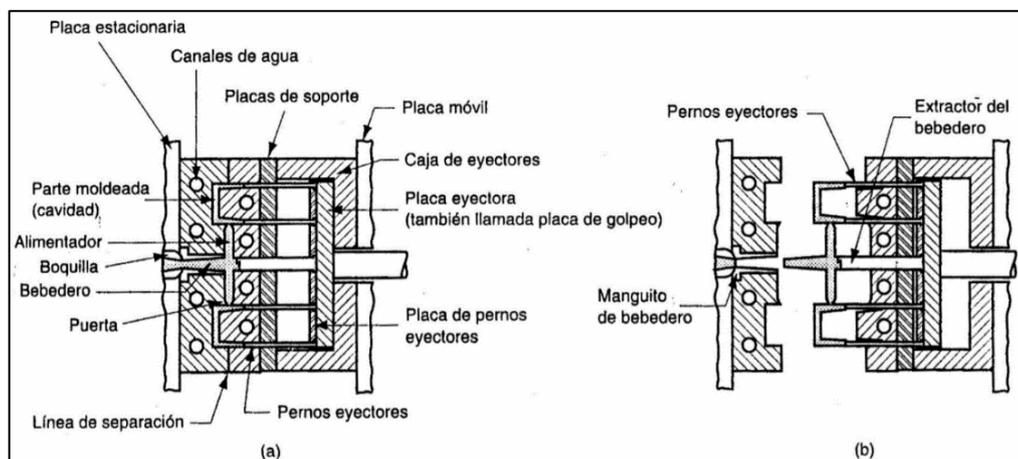
a. Partes del molde de inyección de plástico

El diseño de un molde es sumamente preciso puesto que debe de cumplir ciertas características para que el producto salga correctamente, por esta razón es que cada parte del molde cumple con unas funciones específicas muy importantes.

- Placas de soporte, permiten que el molde se mantenga dentro de la estructura de la máquina;
- Cavidades de enfriamiento, canales en donde circula generalmente agua o algún otro refrigerante, las temperaturas de éstos pueden variar dependiendo del material utilizado;

- Pernos de expulsión, su función es la de separar la parte fija del molde con la parte móvil permitiendo que al abrirse mecánicamente el molde la pieza ya moldeada quede liberada;
- Pernos guía, establece la alineación correcta del molde a la estructura de la máquina previniendo fugas de material;
- Aro centrador, permite centrar el molde con la boquilla de la máquina de inyección;
- Bebedero, es el conducto que conecta la boquilla con la cavidad del molde, está ubicado en la parte fija del molde y presenta una clavija de sujeción que desliza el plástico más fácilmente, debido a estas funciones es que su desgaste es muy común y su reemplazo es relativamente sencillo;
- Boca para la inyección del material, pequeño orificio por donde el plástico fundido entra en la cavidad del molde, su principal función es la de solidificar el polímero cuando termina la inyección y evitar que el material del interior sea absorbido por el movimiento del tornillo o husillo en la máquina [51].

Imagen 11: Partes del molde de inyección de plástico



Fuente: [51]

b. Materiales de construcción para moldes de inyección de plástico

La sociedad de ingeniería y manufactura de Estados Unidos (SME) recomienda los siguientes materiales para la fabricación de moldes de inyección de plásticos, estos materiales cumplen con las características que aseguran la calidad y durabilidad del molde.

- Aleación de acero pre templado 4130, utilizado en la cavidad y en las placas de soporte y placas de sujeción;
- Acero grado herramienta S-7, utilizado para enclavamientos y pestillos, la letra S es una nomenclatura que indica que el material es resistente al golpe;
- Acero grado herramienta O-1, utilizado para pequeños insertos y núcleos;
- Acero grado herramienta A-2, utilizado para las deslizaderas y pernos [52].

El Acero pre templado 4130 es uno de los más recomendados para la construcción de principales componentes en los moldes, es así que el laboratorio de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Chihuahua realizó una prueba de impacto en el péndulo Charpy entre uno de los aceros también muy comunes en la industria de componentes que es el Acero 1020. De los resultados se destaca la gran resistencia del acero 4130 llegando a soportar una carga máxima de 1349 kg [53]. (véase imagen 12).

Imagen 12: Prueba de impacto entre el acero 4130 y acero 1020



Fuente: [53]

2.2.8. Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios [54].

Una de las metas estratégicas de toda empresa debe ser el de aplicar técnicas de mejoramiento continuo a sus sistemas productivos e instalaciones, con la participación y el compromiso de todos los integrantes de la organización: directivos y especialmente los trabajadores de línea [55].

2.2.9.Herramienta SMED

Esta metodología fue desarrollada por el Dr. Shigeo Shingo en la planta de Toyota con el fin de reducir el tiempo de preparación de máquinas logrando hacer realidad el sistema de producción Just in Time. Con esta herramienta Lean se pretende acortar los lotes de producción provocando la reducción de inventarios y evitando la pérdida de tiempo en la preparación de máquinas [56].

La metodología SMED (Single-Minute Exchange of Dies busca reducir los cambios de formato al pasar de un lote de producción al siguiente, esta herramienta hace referencia a que este cambio no debe ser mayor a 10 minutos” [57].

La metodología SMED clasifica dos tipos de actividades, que son:

- **Actividades Internas:** Se define como las actividades u operaciones que son ejecutadas cuando la máquina se encuentra detenida.
- **Actividades Externas:** Referido a todas las actividades u operaciones realizadas durante el proceso de producción o cuando la máquina se encuentra operando.

2.2.9.1. Objetivos de la herramienta SMED

- Incrementar la tasa de utilización de las máquinas y del indicador O.E.E. mediante la reducción las paradas, cambios de formato y otras actividades que originen tiempos muertos en el proceso productivo;
- Reducir el plazo de fabricación de los lotes de producción y el nivel de existencias, incrementando la capacidad productiva;
- Facilitar el cumplimiento del programa de producción, permitiendo así una planificación más óptima [58].

2.2.9.2. Metodología de aplicación de la herramienta SMED

Carbonell plantea cinco etapas fundamentales para el desarrollo de la herramienta SMED, integrando una etapa de control y seguimiento al finalizar la mejora [57].

La técnica SMED cuenta con los siguientes pasos:

a. Observar y registrar el proceso de cambio

- Como principal actividad a realizar se encuentra la observación de la operación de preparación y cambio de formato. Asimismo, se necesita prestar mucha atención a todos los movimientos del operador al realizar el cambio;
- Aclarar las dudas y recopilar ideas del procedimiento que estamos analizando mediante el apoyo de un equipo de trabajo, en el cual están incluidos todas las áreas involucradas dentro del proceso productivo (calidad, producción, mantenimiento, etc.);
- Realizar una ficha de observación o algún otro documento en el cual se registren las actividades y los tiempos que llevan realizarlas por el encargado del cambio de formato.

b. Identificación y separación de las operaciones internas y externas

En esta fase debemos identificar las operaciones internas, que son aquellas que se realizan cuando la máquina está parada y las operaciones externas son las que se realizan cuando la máquina está en funcionamiento. Al inicio todas estas operaciones estarán mezcladas por ello es importante la parte de identificación y separación.

c. Convertir las operaciones internas en externas

En esta etapa una vez definidas las operaciones internas se convierten en actividades externas mediante la elaboración de un plan de acción.

d. Optimizar todos los aspectos de la preparación

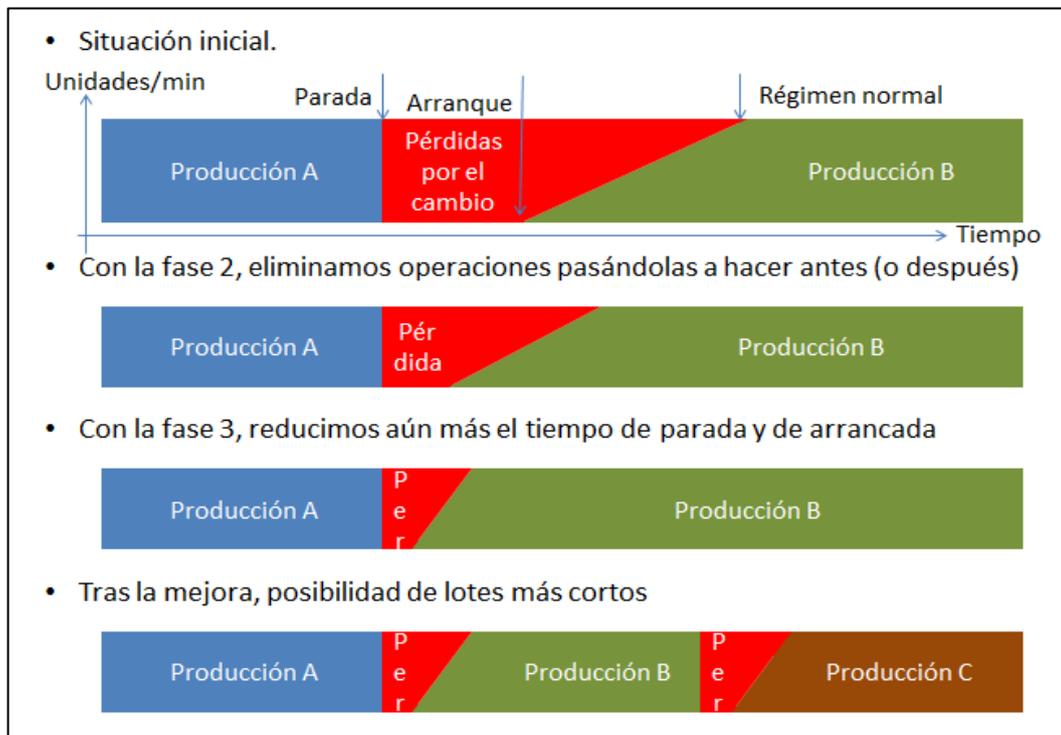
- En esta fase se trata de reducir los tiempos de las operaciones externas optimizando la organización de las herramientas y todo aquello necesario para el cambio.

- Se reducen los tiempos de las operaciones internas mediante operaciones en paralelo, eliminando ajustes y buscando métodos de sujeción rápidos.

e. Estandarización y seguimiento del nuevo procedimiento

Esta última fase busca sostener en el tiempo todo lo desarrollado, generando documentación sobre el nuevo procedimiento de trabajo, registrando todas las incidencias que hayan ocurrido entre la semana y registrar también los nuevo tiempos de cambio analizando la evolución de los valores máximos, medios y mínimos registrados [57].

Imagen 13: Descripción gráfica de la metodología SMED



Fuente: [59]

2.2.9.3. Estudio de Tiempos

Fue desarrollada por Frederick Winslow Taylor a finales del siglo XIX, es una técnica utilizada para la observación y medición del trabajo que consiste en establecer un tiempo estándar para realizar una determinada actividad, posteriormente se efectúa un análisis sistemático considerando aspectos como la fatiga, demoras y retrasos que suelen ser inevitables [60].

a. Etapas del Estudio de Tiempos

Una vez escogido el proceso a estudiar es que se procede a desarrollar las siguientes etapas del estudio de tiempos propuestas por el autor F. Puerta [61].

- i. Registrar toda la información posible acerca del proceso a ser estudiado, información de los operarios y de las condiciones existentes que influyan en el desarrollo del trabajo;
- ii. Realizar una descripción detallada del método de trabajo y descomponer el proceso u operación en varias actividades;
- iii. Realizar la medición del tiempo por medio de algún instrumento apropiado y registrar el tiempo que invierte el operario en llevar a cabo una actividad;
- iv. Registrar paralelamente la velocidad de trabajo efectiva del operario en relación a la velocidad establecida en los formatos o fichas técnicas que se tengan a disposición;
- v. Normalizar los nuevos tiempos observados;
- vi. Determinar los suplementos de descanso si es que fueran necesarios para cada actividad según las condiciones de trabajo;
- vii. Determinar el nuevo tiempo asignado para la operación [61].

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Este capítulo presenta la metodología de investigación describiendo el tipo, método y técnicas desarrolladas en esta tesis.

3.1. Método de la Investigación

La presente investigación desarrollará lo siguiente

- i. Se identifican los componentes necesarios para la producción de inyección de plásticos mediante la caracterización del proceso;
- ii. Seleccionar la máquina inyectora y un producto en específico mediante un análisis de la situación actual de producción;
- iii. Se detallan los recursos a utilizar (producto, máquina, mano de obra);
- iv. Se elabora un Check List para obtener un panorama general del problema;
- v. Desarrollar la metodología de la herramienta SMED, identificando y documentando mediante filmaciones las actividades que se realizan en el cambio de molde de la máquina de inyección.
- vi. Se elabora el DAP del proceso de inyección de plástico seleccionado;
- vii. Analizar la información obtenida del punto anterior;
- viii. Siguiendo el desarrollo de la herramienta SMED y con las estrategias de mejora planificadas se procede a separar, reducir o eliminar actividades del cambio de molde;

- ix. Se vuelve a realizar los cronometrajes del proceso ya optimizado y se comparan los nuevos resultados de la aplicación de la herramienta SMED;
- x. Se evalúan los resultados obtenidos, cuantificando en costos la reducción del tiempo de cambio de molde.

3.2. Técnica de la Investigación

Para este trabajo de investigación se utilizará la técnica de observación directa puesto que se estará en contacto con el proceso a estudiar, registrando toda la información necesaria para desarrollar la metodología propuesta.

3.2.1. Tipo de Investigación

La investigación será de tipo descriptiva puesto que se comprende el proceso de inyección del plástico y en específico el cambio de molde, mediante la descripción de los equipos, herramientas, máquinas y actividades que forman parte del proceso. La investigación se desarrollará mediante el método cuantitativo puesto que se pretende analizar los resultados y plantearlos en un estudio para evaluar el impacto en costos.

3.2.2. Estudio de Caso

Fundamentalmente se analizará la situación actual del proceso productivo en la línea de inyección de plásticos identificando las actividades que originan un elevado tiempo en el cambio de molde, reduciéndolos o eliminándolos mediante la aplicación de la herramienta SMED.

3.2.3. Población

Se toma como población a las máquinas de inyección de plástico de la empresa PLASTIMET S.A.C.

3.2.4. Muestra

Para este trabajo se tomará como muestra la máquina inyectora de plástico denominada "Haitian 1" modelo MA1600 ubicada en el área de inyección de la empresa PLASTIMET S.A.C.

3.2.5. Operacionalización de Variables

A continuación, se muestra la operacionalización de variables en la que se determina el método con el que serán medidas y analizadas.

Tabla 1: Operacionalización de Variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA LEAN MANUFACTURING “SMED”	INDEPENDIENTE	Tiempo	Ficha de Observación y Filmaciones	Minutos
REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE CAMBIO DE MOLDE	DEPENDIENTE	Tiempo	Ficha de Observación y Filmaciones	Minutos
		Costos	Hoja de Costos	Soles

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 1, los principales instrumentos utilizado para la evaluación de la aplicación SMED son las fichas de observación y filmaciones, esta última otorgó mayor precisión en la evaluación de actividades y el tiempo que lleva hacerlas.

3.3. Herramientas de la Investigación

Para la técnica de observación se hará uso de filmaciones que puedan facilitar el reconocimiento de todas las actividades y la elaboración de las fichas de observación

en la cual se registrarán todos los tiempos cronometrados en el cambio de molde de la máquina de inyección de plástico.

CAPÍTULO 4

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

En este cuarto capítulo se presenta la información obtenida detallando aspectos como los métodos de trabajo y la variedad de productos elaborados por la empresa para posteriormente elaborar un diagnóstico de ésta.

4.1. Descripción de la Organización

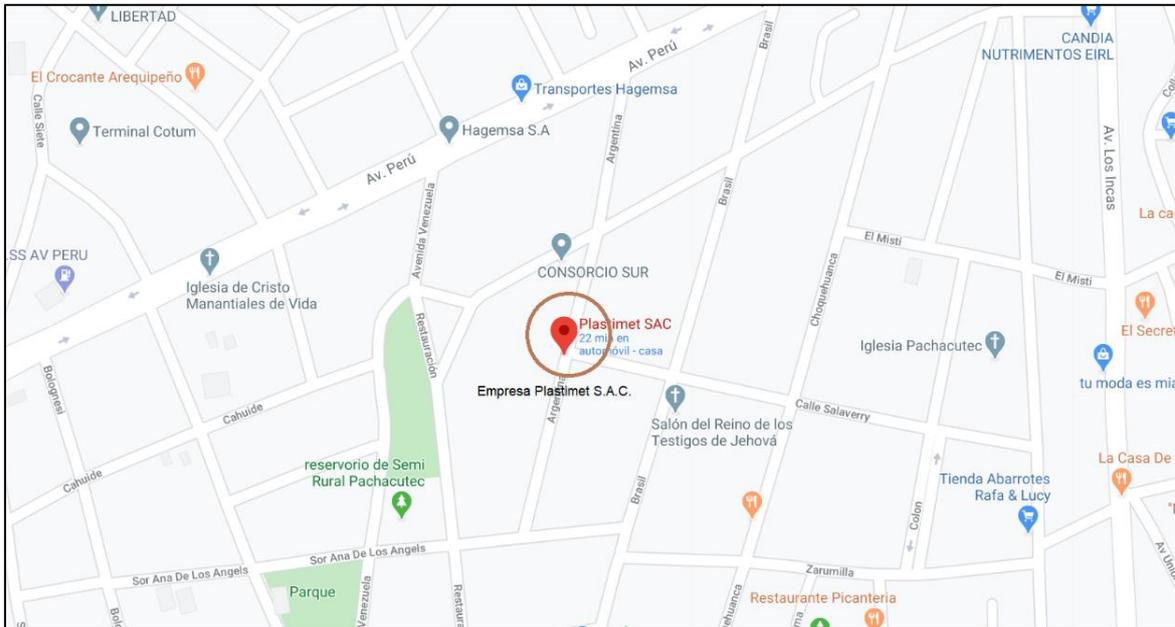
PLASTIMET S.A.C. es una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos hechos a base de plástico usando los métodos de soplado e inyección, fue constituida en el año 2000.

PLASTIMET S.A.C. viene atendiendo a un catálogo de empresas muy importantes del Perú tanto del sector industrial como minero, ejemplos como minera Cerro Verde, minera Southern Perú en la ciudad de Moquegua, Minsur en la ciudad de Tacna y Minera Yanacocha ubicada en la ciudad de Cajamarca. Asimismo, es principal proveedora de los envases para yogurt en diferentes formatos para la Universidad Católica De Santa María, conos de hilandería para Bolivia y Perú, toberas de polipropileno para filtros de agua en SEDAPAR, colgadores para prendas de vestir y entre otros productos.

4.1.1. Ubicación de la Empresa

La empresa se encuentra ubicada en la Av. Argentina 208 - Urb. Semi Rural Pachacútec, Cerro Colorado, Arequipa – Perú.

Imagen 14: Ubicación Empresa PLASTIMET S.A.C.



Fuente: Google Maps

4.1.2. Misión

“Fabricación y Comercialización de productos plásticos de polietileno y polipropileno mediante los procesos de inyección y soplado, dentro de un marco de gestión de la calidad, así como desarrollando acciones orientadas a la prevención en los aspectos medioambientales y de seguridad para todos nuestros trabajadores.”

4.1.3. Visión

“Ser una empresa reconocida en el mercado de productos plásticos de la Región Sur del Perú y en el sector minero a nivel nacional por ofrecer productos de probada calidad y excelente servicio, mejorando nuestros índices de eficiencia y calidad para lograr la mayor satisfacción en nuestros clientes.”

4.1.4. Políticas de la Empresa

- Todo el personal debe estar completamente comprometido y capacitado con las políticas de calidad para ofrecer un producto que garantice su uso confiable y satisfactorio;
- Promover y mantener la mejora continua de toda la organización.

4.1.5. Productos elaborados

Como se mencionó anteriormente la empresa PLASTIMET S.A.C. viene trabajando con los métodos de soplado e inyección para la producción de plástico, cada línea de producción realiza los siguientes productos.

4.1.5.1. Productos de la línea de soplado

Actualmente la empresa cuenta con dos áreas de soplado en las que se elaboran los siguientes productos.

Tabla 2: Productos de la línea de soplado Pastimet S.A.C.

Productos Elaborados – Línea de Soplado	
Producto	Formato
Envase Galonera B34	4000 ml
Envase Pesticida B50	1000 ml
Envase Litrera B28	1000 ml
Envase Agronutriente B36	1000 ml
Envase Yogurt Católica B36	1000 ml
Envase Yogurt Poronguito/Naturalito B36	1000 ml
Envase alcoholero B28	500 ml
Envase Stevia Life	160 ml
Envase Ambroxol B28	125 ml
Envase Siliconero B24	120 ml
Envase Yogurt Católica B36	120 ml
Envase para talco	100 ml
Envase para esputo	100 ml

Fuente: PLASTIMET S.A.C.

De la tabla 2 podemos observar la cantidad de productos elaborados por las líneas de soplado detallando el tamaño de la boca en milímetros de los envases y el formato en el que son producidos.

4.1.5.2. Productos de la línea De Inyección

Para la elaboración de esta investigación se tomó como referencia la línea de inyección de plásticos. En la tabla 3 se muestran algunos de los principales productos fabricados por esta línea de producción.

Tabla 3: Productos Elaborados en la línea de inyección

Productos Elaborados – Línea de Inyección
Cono Super Jumbo para Hilandería
Tapa plástica para envases B28/B36/B50
Tapa plástica formato Clip
Regatones para tubos PVC de 2", 1", 3/4", 1/2"
Colgadores para ropa
Toberas de Polipropileno

Fuente: PLASTIMET S.A.C.

4.2. Layout de la empresa

Gráfico 2: Layout Primer Nivel



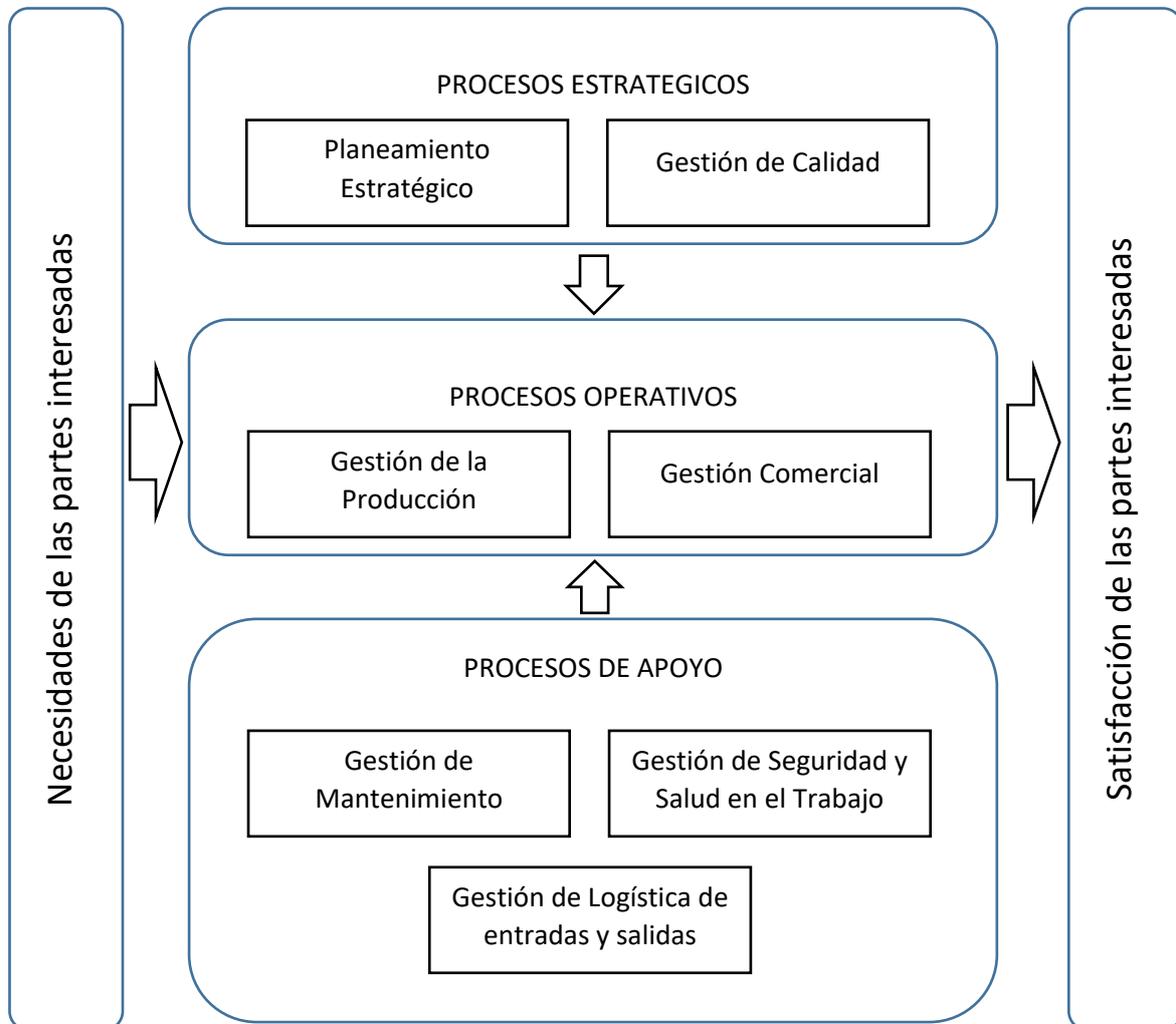
Fuente: Empresa PLASTIMET S.A.C.

Del gráfico 2 podemos observar la distribución de las áreas de trabajo de la empresa y en específico la distribución del área de inyección que será objeto de estudio en la presente investigación la cual cuenta con cuatro máquinas inyectoras.

4.3. Mapa de Procesos

En el gráfico 3 se logra observar y entender el proceso general de la empresa y su relación con todas las áreas que la conforman.

Gráfico 3: Mapa de Procesos



Fuente: Elaboración Propia

4.4. Caracterización del proceso

Mediante la caracterización del proceso podemos identificar los elementos y condiciones que forman parte del proceso productivo y logrando de esta manera detallar su funcionamiento.

Tabla 4: Caracterización de proceso

Caracterización del proceso					
Proceso:	Producción de plásticos de inyección				
Responsable:	Supervisor del Área de inyección				
Objetivo:	Elaboración de productos plásticos cumpliendo con los estándares de calidad establecidos para lograr la satisfacción del cliente				
Alcance:	Desde los requerimientos del cliente hasta la entrega final del producto plástico inyectado cumpliendo con las exigencias establecidas.				
Entradas ¿Qué se necesita?	Proveedores (De quien recibe)	Actividades		Salidas	Proceso Posterior
<ul style="list-style-type: none"> Orden de Pedido Orden de Producción Materia Prima 	<ul style="list-style-type: none"> Cliente Área de Planificación Área de Logística 	Planear	• Planificación de la producción	<ul style="list-style-type: none"> Producto plástico según las especificaciones de calidad Registro de los controles de calidad Registro de control de Producción y scrap (llenado de información) 	<ul style="list-style-type: none"> Área de Logística y Despacho Cliente (comprador)
			• Programación de los cambios de moldes		
			• Designación del operario para la máquina de turno		
		Hacer	• Preparación del material		
			• Cambio de molde		
			• Configuración de la máquina inyectora		
			• Inyección del plástico		
			• Refilado del producto		
		Verificar	• Empaquetado y Sellado		
			• Pesaje y Almacenaje		
			• Verificar que los tiempos de producción por unidad sean los establecidos por el área de planificación		
		Actuar	• Control de calidad durante el proceso de inyección mediante las fichas técnicas del producto		
			• Control de calidad al finalizar la producción (Revisión aleatoria de paquetes)		
• Realizar las acciones preventivas o correctivas para la mejora constante de las inconformidades					
Recursos					
Recursos Humanos	Todo personal involucrado en la producción de los materiales plásticos de inyección				
Recursos (Físicos, Hardware, Software)	Maquinaria de Producción, Herramientas y materiales de mantenimiento, Equipos de control de calidad, Materia Prima, EPP's, Equipos de cómputo, Telefonía fija, Celular, Papelería, Email				
Indicadores					
Capacidad de producción = cantidad de piezas x hora * horas de trabajo * % eficiencia de la línea Tasa de rechazo = productos rechazados / total de productos vendidos * 100% Productividad = Producción / Mano de obra + materia prima + costo energético + capital + otros * 100% Tiempo de ciclo = Tiempo Total de producción / número de unidades producidas Rendimiento de la máquina = producción teórica o prevista / producción real * 100%					

Fuente: Elaboración Propia

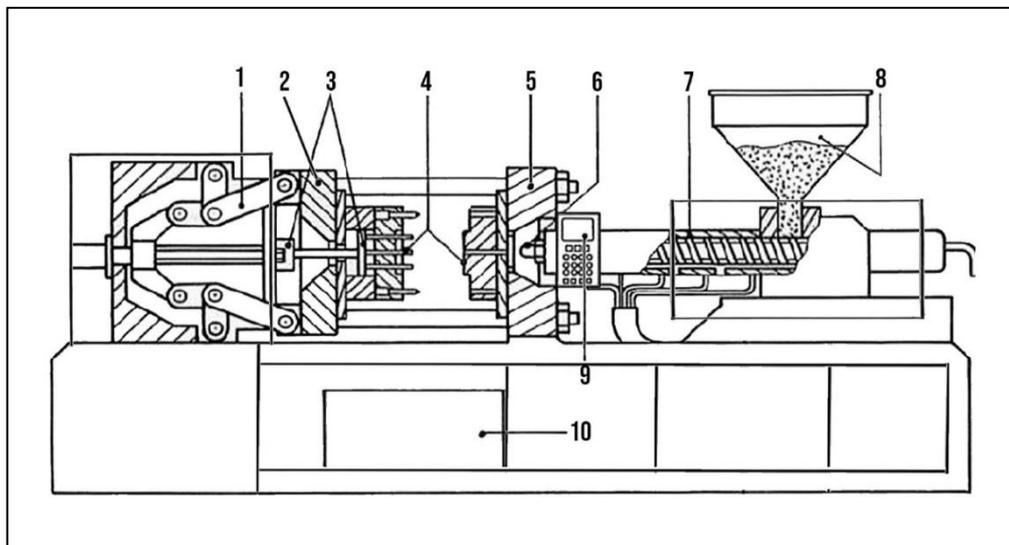
De la tabla 4 se logra determinar las actividades del proceso de producción de plástico ordenadas mediante la estrategia del ciclo de Deming, identificando las entradas, salidas y recursos utilizados. Para poder llevar un mejor control se elaboran fichas tanto del área de producción como de calidad en los cuales se contiene información detallada de los aspectos técnicos que deben cumplir las máquinas durante la producción, asimismo las fichas de control de calidad muestran los resultados de las

pruebas realizadas al producto final tales como: el peso, diámetro de la boquilla del producto, espesor y pruebas de caída o de fuga de líquido.

4.5. Descripción de la máquina de inyección a estudiar

Para el desarrollo de este proyecto se tomará como referencia la máquina de inyección Haitian modelo MA1600 puesto que es la máquina que elabora el producto a analizar. El análisis de esta máquina se basa en sus tres componentes principales que son la unidad de inyección, la unidad de cierre y el controlador. A continuación, se describen algunas de las partes fundamentales de la máquina para obtener así una visión general de sus componentes.

Imagen 15: Partes fundamentales de la máquina de inyección Haitian MA1600



Fuente: Manual Instructivo - Haitian MA1600

Leyenda:

N°	PARTES DE LA MÁQUINA - MA1600
1	Sistema de cierre con palancas acodadas
2	Platina portamolde móvil
3	Sistema de control de eyección
4	Moldes
5	Platina portamolde estática
6	Boquilla de inyección
7	Tornillo
8	Tolla alimentadora
9	Panel de control
10	Área de evacuación del producto

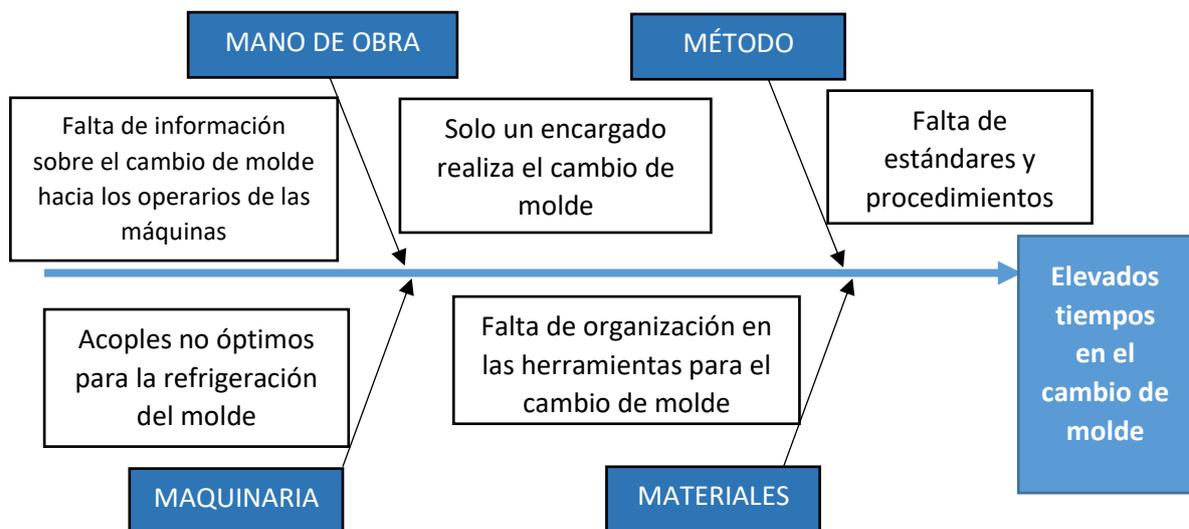
Imagen 16: Máquina Haitian MA1600



Fuente: Elaboración Propia

4.6. Identificación del problema actual de la empresa en la línea de inyección

Gráfico 4: Diagrama Causa y Efecto



Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en el gráfico 4 el cual está representado por un diagrama de causa y efecto, existen diferentes elementos que condicionan el tiempo final de cambio de molde, como la distribución del trabajo al realizar el cambio, puesto que solo es realizado por un solo encargado, también se resalta la falta de organización de las herramientas, renovación o cambio de acoples y la falta de estandarización en el procedimiento de cambio de molde.

4.7. Identificación del producto a estudiar

Se realizó un análisis sobre todos los productos fabricados en la línea de inyección y se concluyó que los productos con mayor cantidad de producción en los años 2017, 2018 y los primeros nueve meses del año 2019 fueron el “Cono Super Jumbo” y “Tapa Roja B36 para yogurt”, elaboradas por la máquina Haitian 1. La siguiente tabla muestra la producción en los años mencionados por cada producto.

Tabla 5: Producción Conos Súper Jumbo

Producción Conos Súper Jumbo	
Año	Unidades
2017	165,157
2018	214,912
Septiembre - 2019	150,000
TOTAL	530,069

Fuente: PLASTIMET S.A.C.

Tabla 6: Producción Tapa Roja B36

Producción Tapa Roja B36	
Año	Unidades
2017	163,221
2018	157,645
Septiembre - 2019	92,437
TOTAL	413,303

Fuente: PLASTIMET S.A.C.

Como se puede observar en la tabla 5 y en la tabla 6, al realizar la comparación de los datos la cantidad de producción más alta es del producto “Cono Super Jumbo” resaltando sobre todo la producción del año 2018 debido a la incursión en el mercado boliviano desde ese año, así mismo por declaración de la empresa este producto representa una importante oportunidad de mantenerse en el mercado internacional.

Gráfico 5: Comparativa de producción anual



Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en el gráfico 5 la producción del “Cono Super Jumbo” mantiene una relativa superioridad y estabilidad en cantidad de producción a comparación del siguiente producto.

Es por ello que la empresa tiene como objetivo actual el potenciar aún más la producción del Cono Super Jumbo para optimizar el tiempo de entrega de los pedidos puesto que la empresa observa un nicho de mercado muy importante internacionalmente con el objetivo también de no descuidar el mercado nacional.

CAPÍTULO 5

DESARROLLO Y EVALUACIÓN

Realizando el análisis del capítulo anterior se concluyó que el método actual de trabajo de la empresa PLASTIMET S.A.C. presenta algunas deficiencias en las que se destaca la falta de un procedimiento para el cambio de molde y la falta de organización de las herramientas de trabajo, es por esto que se plantea el uso de la herramienta SMED como parte de la filosofía Lean Manufacturing para permitir la reducción o minimización de tiempos que no agreguen valor al producto final. En este capítulo se desarrolla la metodología descrita anteriormente aplicando la herramienta SMED.

5.1. Aplicación de la herramienta SMED

Para la presente investigación, se realizó una descripción de la línea y análisis del producto a estudiar, siendo seleccionados la línea de inyección de plásticos y el molde del producto cono súper jumbo, posteriormente se realizó un estudio de tiempos del cambio de molde, se elaboró un check list y mediante el uso de fichas de observación se identificaron y registraron todas las actividades del cambio de molde, por último, se realizó una comparación de todos los tiempos analizados.

5.1.1. Alcance de la aplicación del SMED

El alcance de la aplicación del SMED está delimitada en las actividades del cambio de molde del producto “cono súper jumbo” en la línea de inyección de plásticos de la empresa PLASTIMET S.A.C. No obstante, el método utilizado en esta investigación

puede ser replicado en un futuro hacia otras áreas y productos con el fin de minimizar tiempos muertos o no productivos.

5.1.2. Procedimiento para la aplicación del SMED

Mediante el análisis de la bibliografía consultada se desarrollaron las etapas que propone la metodología SMED, todo el procedimiento se realizó en base a los conceptos estudiados como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7: Procedimiento para la aplicación SMED

ETAPA 1: Observar y registrar el proceso de cambio	
Concepto	Aplicación
Etapa en la que se realiza la observación del cambio de formato y su registro mediante fichas de observación.	Se realizó la filmación del cambio de molde y se registraron en fichas las actividades y el cronometraje de tiempos.
	
ETAPA 2: Identificación y separación de las operaciones internas y externas	
Concepto	Aplicación
Identificar las operaciones internas, aquellas que se realizan cuando la máquina esta parada y las operaciones externas cuando la máquina se encuentra en movimiento.	Una vez identificadas todas las actividades en el cambio de molde se procedió a separarlas en actividades internas y externas.
	
ETAPA 3: Optimizar todos los aspectos de la preparación	
Concepto	Aplicación
En esta etapa es definido el nuevo método de trabajo, reduciendo el tiempo o eliminando actividades que limiten el tiempo de cambio	Se plantean y aplican las mejoras que permitan la reducción del tiempo de cambio de molde y se registran los nuevos tiempos
	
ETAPA 4: Estandarización y seguimiento	
Concepto	Aplicación
Esta última etapa busca sostener en el tiempo todo lo desarrollado analizando la evolución de la mejora	Se generó documentación del nuevo procedimiento de trabajo en el cambio de molde para el seguimiento y control de éste.

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en tabla 7, se detalló el procedimiento para la aplicación de la herramienta SMED en la presente investigación, clasificándolo mediante etapas que facilitan el orden de su aplicación y realizando a su vez la comparación de los conceptos propuestos por el SMED.

5.1.3. Etapa de observación y registro

Basándose en la metodología propuesta en esta investigación se procedió a elaborar una lista de chequeo o check list para obtener una visión más amplia del método de trabajo en la operación de cambio de molde. Los factores evaluados se basan en el modelo del test de chequeo que propone la página web “Ingeniería de Calidad” [62].

Tabla 8: Lista de Chequeo

LISTA DE CHEQUEO			
Responsable:	Diego Alberto Medina Salas	Máquina:	Haitian 1
Fecha:	2/11/2019	Operación:	Cambio de molde
PREPARACIÓN			
FACTORES A OBSERVAR	SE REALIZA		OBSERVACIONES
	SI	NO	
El operario tiene claro la ubicación de las herramientas u otros elementos necesarios para el cambio de molde		X	Se emplea un estante pero las herramientas no se encuentran en su respectivo lugar
¿Existe alguna dificultad para el transporte del molde?		X	Se realizó un trabajo anterior para una óptima distribución del área de moldes
¿Es necesario preparar la máquina antes del cambio?	X		
El area de trabajo se encuentra limpio y despejado de elementos que puedan obstaculizar el trabajo		X	
Se utilizan fichas o manuales de procedimientos para el cambio de molde		X	No se tiene un procedimiento estandarizado de trabajo, el operario se basa en su experiencia
Nota: Los datos y observaciones evaluados son para al cambio de molde de inyección del producto cono super jumbo de la empresa Plastimet S.A.C.			

Fuente: Elaboración Propia

Podemos deducir de la tabla 8 que no se tiene un orden establecido de las herramientas lo que ocasiona una dificultad al operario para poder ubicarlas, esto debido a que otros operarios llevan consigo las herramientas trasladándolas de un lugar a otro para la calibración de sus máquinas ocasionando desorden y dificultad para encontrar las herramientas. Un punto a resaltar también de la tabla mostrada es que no se tiene un procedimiento estandarizado del cambio de molde por lo que el operario realiza el cambio en base a su experiencia de trabajo.

A continuación, se realizó la observación presencial y registro de las actividades apoyado mediante filmaciones lo cual permitió una revisión más detallada de las actividades y de su cronometraje, es de resaltar que el cambio de molde es

considerado desde la finalización del lote de producción anterior hasta el comienzo del nuevo lote de producción.

Para la presente investigación se realizaron cinco observaciones, esto debido a lo propuesto por el método tradicional del estudio de tiempos del autor Grover Moncada [63], la cual recomienda usar una muestra de cinco observaciones para un ciclo completo mayor a dos minutos puesto que existe una más alta confiabilidad en tiempos más grandes. La siguiente tabla muestra todas las actividades identificadas y el tiempo promedio total de las cinco observaciones (véase Anexo 2).

Tabla 9: Registro y cronometraje de actividades

FICHA DE OBSERVACIÓN SMED			
Observador:	Diego Alberto Medina Salas	Área:	Inyección de plásticos
Operación:	Cambio de molde	Producto:	Cono Super Jumbo
N°	Descripción de Actividades	Tiempo Promedio Total (hh:mm:ss)	
1	Detener y programar la máquina en estado de retiro de molde	00:00:52	
2	Detener la circulación del agua y desacoplar las mangueras de refrigeración	00:07:39	
3	Enganchar la cadena del puente grúa al molde	00:00:40	
4	Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la máquina	00:03:17	
5	Elevar el molde tirando de la cadena hacia abajo	00:00:36	
6	Subir encima de la máquina	00:00:08	
7	Girar la dirección del puente grúa	00:00:09	
8	Descender de la máquina	00:00:06	
9	Descender el molde	00:01:02	
10	Retirar la cadena del molde	00:00:33	
11	Transportar el nuevo molde hacia la máquina	00:02:06	
12	Enganchar la cadena del puente grúa al nuevo molde	00:00:47	
13	Elevar el nuevo molde tirando la cadena hacia abajo	00:02:38	
14	Subir encima de la máquina	00:00:07	
15	Girar la dirección del puente grúa	00:00:10	
16	Descender de la máquina	00:00:06	
17	Descender el molde	00:00:45	
18	Ajuste de la altura del molde	00:00:13	
19	Configuración de la velocidad del husillo en el panel de control	00:01:37	
20	Encuadre del molde y prueba mediante la apertura y cierra del husillo	00:21:45	
21	Colocación de las abrazaderas y tornillos para el acople del molde	00:13:56	
22	Retirar la cadena del molde	00:00:27	
23	Traslado del material nuevo de producción hasta la máquina	00:06:12	
24	Limpieza del material restante de la producción anterior	00:01:21	
25	Instalación de acoples y ajuste de las mangueras	00:13:37	
26	Encender el sistema de refrigeración	00:00:17	
27	Añadir el nuevo material en la tolva de la máquina	00:02:11	
28	Mover la grúa con la cadena para evitar estorbo al trabajar	00:00:10	
29	Inspección y limpieza del área de trabajo	00:02:13	
30	Cargar la configuración del nuevo producto de la base de datos de la máquina	00:00:57	
31	Pruebas de temperatura y salida del producto	00:06:32	
TIEMPO TOTAL			01:33:11

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 9, el tiempo promedio de las cinco observaciones tomadas es de 1 hora y 33 minutos, es importante comentar que al momento de elaborar la ficha de observación SMED se identificó en las cinco muestras que el cambio de molde lo realizaba un solo operario, lo que ocasionaba cierta dificultad y un mayor uso de tiempo para la ejecución de algunas actividades.

5.1.4. Diagrama de Análisis del Proceso (DAP)

A continuación, se muestra el diagrama de análisis del proceso (DAP) en el cual se detallan las actividades junto con las tomas de tiempo y la simbología correspondiente.

Tabla 10: Diagrama de Análisis del Proceso DAP

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DETALLADO									
Empresa: Plastimet S.A.C.				Página: 1/1					
Departamento: Producción				Fecha: 22/12/2019					
Producto: Cono Super Jumbo				Operación: Cambio de Molde de Inyección					
Elaborado por: Diego Alberto Medina Salas				Aprobado por: Ing. Area de Producción					
N°	Descripción Actividades	Tiempo promedio observado (hh:mm:ss)	Distancia (metros)	Símbolos					Observaciones
				●	■	➔	◐	◑	
1	Detener y programar la máquina en estado de retiro de molde	00:00:52		X					
2	Detener la circulación del agua y desacoplar las mangueras de refrigeración	00:07:39		X					
3	Enganchar la cadena del puente grúa al molde	00:00:40		X					
4	Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la máquina	00:03:17		X					
5	Elevar el molde tirando de la cadena hacia abajo	00:00:36		X					
6	Subir encima de la máquina	00:00:08		X					
7	Girar la dirección del puente grúa	00:00:09		X					
8	Descender de la máquina	00:00:06		X					
9	Descender el molde	00:01:02		X					
10	Retirar la cadena del molde	00:00:33		X					
11	Transportar el nuevo molde hacia la máquina	00:02:06	3.11			X			Se transporta desde el estante para moldes hacia la máquina de inyección 1 (véase Grafico 2)
12	Enganchar la cadena del puente grúa al nuevo molde	00:00:47		X					
13	Elevar el nuevo molde tirando la cadena hacia abajo	00:02:38		X					
14	Subir encima de la máquina	00:00:07		X					
15	Girar la dirección del puente grúa	00:00:10		X					
16	Descender de la máquina	00:00:06		X					
17	Descender el molde	00:00:45		X					
18	Ajuste de la altura del molde	00:00:13		X					
19	Configuración de la velocidad del husillo en el panel de control	00:01:37		X					
20	Encuadre del molde y prueba mediante la apertura y cierra del husillo	00:21:45		X					
21	Colocación de las abrazaderas y tornillos para el acople del molde	00:13:56		X					
22	Retirar la cadena del molde	00:00:27		X					
23	Traslado del material nuevo de producción hasta la máquina	00:06:12	9.70			X			Se transporta desde Almacén de materia prima 3 a máquina de inyección 1 (véase Gráfico 2)
24	Limpieza del material restante de la producción anterior	00:01:21		X					
25	Instalación de acoples y ajuste de las mangueras	00:13:37		X					
26	Encender el sistema de refrigeración	00:00:17		X					
27	Añadir el nuevo material en la tolva de la máquina	00:02:11		X					
28	Mover la grúa con la cadena para evitar estorbo al trabajar	00:00:10		X					
29	Inspección y limpieza del área de trabajo	00:02:13				X			
30	Cargar la configuración del nuevo producto de la base de datos de la máquina	00:00:57		X					
31	Pruebas de temperatura y salida del producto	00:06:32				X			
Tiempo Promedio Total		01:33:11							

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 10, se debe resaltar que en actividades pertenecientes a transporte e inspección se toma un tiempo de 17 minutos, resaltando el elevado tiempo que toma el encuadre del molde debido a que un solo operario es el encargado de esta actividad.

5.1.5. Etapa de separación de actividades

En esta etapa se realiza la clasificación en actividades internas, las cuales se realizan cuando la máquina se encuentra detenida, y las actividades externas que son ejecutadas cuando la máquina se encuentra en movimiento, así como aquellas actividades que no añaden un valor directo al cambio de molde.

Tabla 11: Ficha de separación de actividades

FICHA DE OBSERVACIÓN SMED					
Observador:	Diego Alberto Medina Salas	Área:	Inyección	Fecha:	22/12/2019
Operación:	Cambio de molde	Producto:	Cono Super Jumbo		
N°	Descripción de Actividad	Tiempo de Actividad	Tipo de Actividad		
			Actividad Interna (Máquina Parada)	Actividad Externa (Máquina en Movimiento)	Actividades sin valor agregado
1	Detener y programar la máquina en estado de retiro de molde	00:00:52	X		
2	Detener la circulación del agua y desacoplar las mangueras de refrigeración	00:07:39	X		
3	Enganchar la cadena del puente grúa al molde	00:00:40	X		
4	Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la máquina	00:03:17	X		
5	Elevar el molde tirando de la cadena hacia abajo	00:00:36	X		
6	Subir encima de la máquina	00:00:08	X		X
7	Girar la dirección del puente grúa	00:00:09	X		X
8	Descender de la máquina	00:00:06	X		X
9	Descender el molde	00:01:02	X		
10	Retirar la cadena del molde	00:00:33	X		
11	Transportar el nuevo molde hacia la máquina	00:02:06			X
12	Enganchar la cadena del puente grúa al nuevo molde	00:00:47	X		
13	Elevar el nuevo molde tirando la cadena hacia abajo	00:02:38	X		
14	Subir encima de la máquina	00:00:07	X		X
15	Girar la dirección del puente grúa	00:00:10	X		X
16	Descender de la máquina	00:00:06	X		X
17	Descender el molde	00:00:45	X		
18	Ajuste de la altura del molde	00:00:13	X		
19	Configuración de la velocidad del husillo en el panel de control	00:01:37	X		
20	Encuadre del molde y prueba mediante la apertura y cierra del husillo	00:21:45	X		
21	Colocación de las abrazaderas y tornillos para el acople del molde	00:13:56	X		
22	Retirar la cadena del molde	00:00:27	X		
23	Traslado del material nuevo de producción hasta la máquina	00:06:12			X
24	Limpieza del material restante de la producción anterior	00:01:21	X		
25	Instalación de acoples y ajuste de las mangueras	00:13:37	X		
26	Encender el sistema de refrigeración	00:00:17	X		
27	Añadir el nuevo material en la tolva de la máquina	00:02:11	X		
28	Mover la grúa con la cadena para evitar estorbo al trabajar	00:00:10	X		X
29	Inspección y limpieza del área de trabajo	00:02:13	X		
30	Cargar la configuración del nuevo producto de la base de datos de la máquina	00:00:57	X		
31	Pruebas de temperatura y salida del producto	00:06:32		X	
TIEMPO TOTAL		01:33:11			

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla 11, casi la totalidad de las actividades son internas debido a que el cambio de molde no es realizado durante el proceso de fabricación, por lo que

las actividades identificadas se ejecutan durante la fase de preparación, es decir cuando la máquina no se encuentra produciendo.

5.1.6. Etapa de optimización de actividades

Para esta etapa de optimización se plantean las mejoras a realizar en base a los datos obtenidos en las fichas de observación. A continuación, se presenta el plan de mejora dividido en tres aspectos.

5.1.6.1. Plan de mejora

i. Mejora N° 1: “Uso de conectores rápidos para agilizar la instalación de las mangueras de refrigeración”.

Se identificó que los acoples y el método con el que se instalaban las mangueras de refrigeración no eran los óptimos puesto que se utilizaban acoples de diferentes tamaños y se ajustaban a las mangueras mediante alambres ocasionando en ciertas ocasiones pequeñas fugas de agua y por ende se requería mayor tiempo para su correcta instalación y retiro del molde, de igual manera se detectó desgaste en la boquilla de las mangueras y restos de óxido en los acoples producidos por el contacto de las pequeñas fugas de agua con los alambres.

Es por ello que se ejecutó el uso de conectores rápidos en reemplazo de los acoples y alambres utilizados en primera instancia, esta mejora redujo considerablemente el tiempo de instalación y retiro de las mangueras, así como la reducción de daños en los accesorios de refrigeración y evitar fugas de agua.

Imagen 17: Mejora aplicado mediante el uso de conectores rápidos



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 18: Fuga de agua por acoples en mal estado



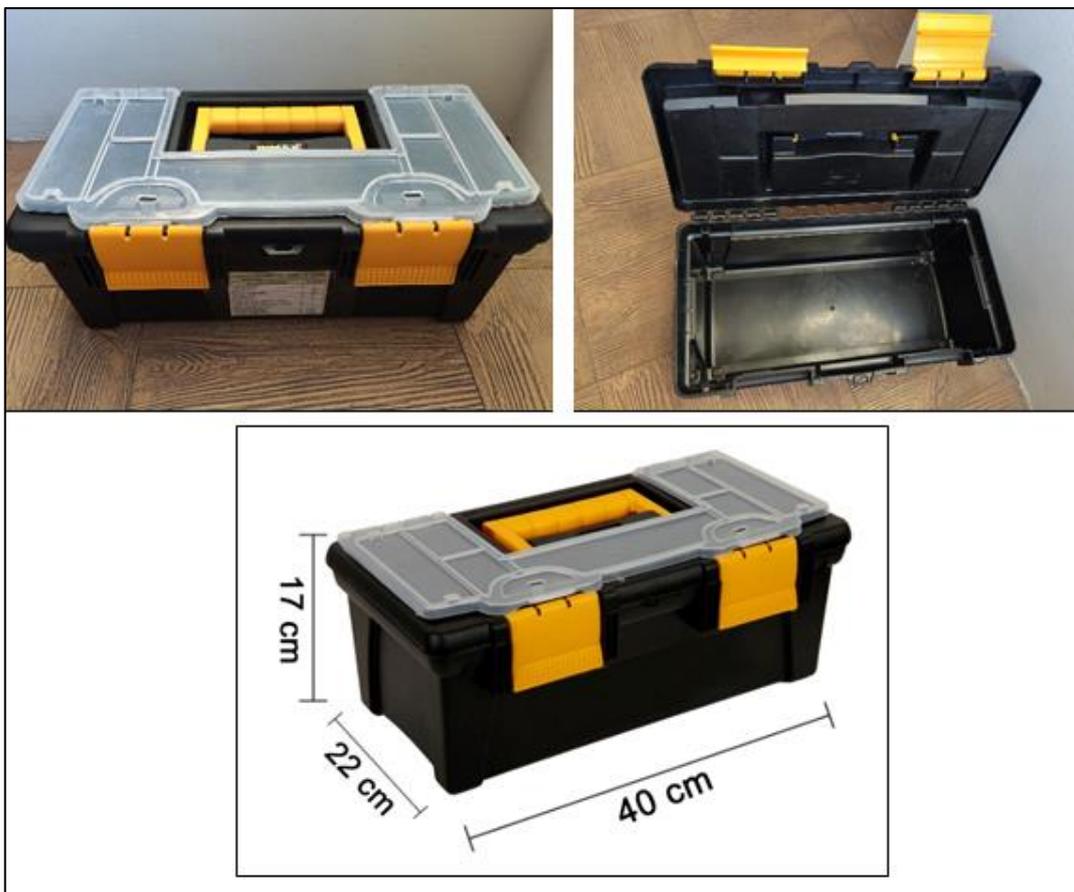
Fuente: Elaboración Propia

Como se observan en las evidencias fotográficas, se logró reducir las fugas de agua mediante el uso de los conectores rápidos y a su vez facilitó la instalación de las mangueras puesto que se pueden ajustar fácilmente al molde previa colocación de cinta teflón en éstas, evitando así el uso de acoples no óptimos y alambres que ocasionan fugas y problemas en el inyectado del plástico, logrando de esta manera una reducción del tiempo de instalación del sistema de refrigeración del molde.

ii.Mejora N° 2: “Organización de las herramientas específicas para el cambio de molde”.

Uno de los problemas identificados durante el cambio de molde era la falta de organización en las herramientas como se muestra en la información obtenida de la lista de chequeo. Es por ello que se implementó una caja de uso único para el almacenaje de herramientas y accesorios imprescindibles para llevar a cabo el cambio del molde.

Imagen 19: Dimensiones de la caja de herramientas implementada para el cambio de molde



Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, se procedió a elaborar un listado de los materiales y accesorios que contiene la caja, esta lista se encuentra adherida en la parte frontal describiendo las cantidades y designando al responsable de su cuidado y administración, la tabla 12 muestra el listado de materiales y accesorios.

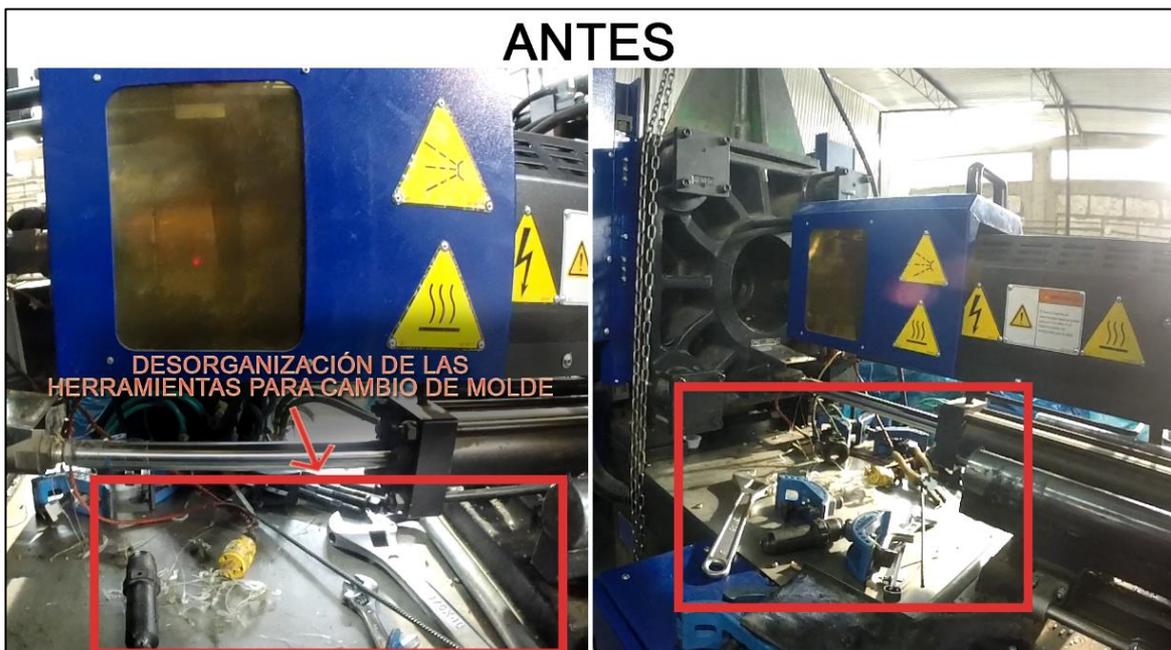
Tabla 12: Listado de Herramientas y accesorios para el cambio de molde

CAJA DE HERRAMIENTAS - CAMBIO DE MOLDE	
Responsable: Supervisor Área de Inyección	
Herramienta/Accesorio	Cantidad
Linterna de 5W	1
Alicate	1
Alicate de corte	1
Llave Stilson 12"	1
Llave Inglesa Ajustable 8"	1
Llave Inglesa Ajustable 15"	1
Juego de Llaves Mixtas 6 - 19 mm	1
Juego de Llaves Allen 5 mm - 12 mm	1
Mazo de Acero	1
Barra de acero hueco	1
Conectores rápidos rectos tipo PC	20

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestran algunas evidencias de la desorganización de herramientas en la máquina de inyección antes de ser aplicada la mejora.

Imagen 20: Desorganización de herramientas antes del cambio de molde



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 21: Mejora aplicada con la implementación de la caja de herramientas



Fuente: Elaboración Propia

Con la aplicación de esta mejora se logró optimizar la organización de las herramientas y accesorios utilizados para el cambio de molde, generando una mayor limpieza y orden en el área de trabajo.

iii. Mejora N° 3: “Implementar una fase de preparación de materiales y herramientas”.

Esta mejora está enfocada principalmente para convertir las actividades de transporte (actividades 11 y 23, tabla 11) de actividades internas a externas, la mejora consistió en implementar una fase para la preparación de los materiales y/o herramientas antes de iniciar con el cambio del molde evitando así transportes innecesarios.

Para ello se elaboró una ficha de preparación de cambio de molde con el fin de controlar el cumplimiento de esta mejora la cual consiste en que el traslado del molde y el material de producción se realizó antes de detener la máquina para realizar el cambio de molde, de esta manera estos traslados se convirtieron en actividades

externas puestos que se realizaron cuando la máquina todavía se encontraba produciendo el lote anterior. Asimismo, un objetivo de esta mejora es asegurar el uso correcto de la caja de herramientas y la organización de éstas como acto previo al cambio de molde, evitando actividades o traslados innecesarios para la búsqueda de alguna herramienta. La siguiente ficha fue llenada por este investigador, así como revisada y aprobada por el jefe del área de producción de la empresa PLASTIMET S.A.C.

Imagen 22: Ficha de preparación para el cambio de molde

PLASTIMET Plásticos & Metálicos		FICHA DE PREPARACIÓN PARA EL CAMBIO DE MOLDE		Código: PLM-FPC 01
				Área: Inyección
				Plastimet S.A.C
1. DATOS				
EVALUADOR:	Diego Alberto Medina Salas	FECHA:	23-01-20	
MONTADOR 1:	Juan Yapu M.	HORA INICIO DE INSPECCIÓN:	7:26 a.m	
MONTADOR 2:	Juan Carlos A.	HORA FIN DE INSPECCIÓN:	7:32 a.m	
PRODUCTO ANTERIOR:	Regatón 2", 1/2", 1", 3/4"	MÁQUINA:	Martian I	
PRODUCTO A COLOCAR:	Cono Super Jumbo	TURNO:	1	
2. VERIFICACIÓN Y CONFORMIDAD DE REQUISITOS				
Aspectos Valorados	Cumplimiento		Observaciones	
	SI	NO		
El área de trabajo se encuentra limpio y ordenado (ausencia de residuos plásticos, herramientas desorganizadas o estorbos en el suelo que impidan el correcto desempeño de los operarios).		X	Presencia de trapos con aceite en la máquina y sacos de materia prima vacíos en el suelo - se realizó la limpieza en 2 min aprox.	
¿El molde a ser colocado y la materia prima se encuentran ubicados a un costado de la máquina?	X			
¿El área de trabajo presenta una adecuada iluminación?	X			
¿La caja de herramientas se encuentra ubicada en el lugar de cambio de molde con todas las materiales y accesorios completos?	X			
La batería de la linterna se encuentra cargada	X			
Los operarios llevan puestos los EPP'S apropiados (lentes de seguridad, guantes, zapatos de seguridad)	X			
Notas: *Para poder iniciar con el cambio de molde es necesario que todos los aspectos sean cumplidos, en caso contrario escribir en el espacio de observaciones el problema detectado y la solución que se le ha dado. *Una vez que todas las observaciones han sido levantadas (si es que exista el caso) se coloca la hora en el espacio "Hora fin de inspección". *Descripción de los turnos, TURNO 1: 5:00 - 13:00 hrs; TURNO 2: 13:00 - 21:00 hrs; TURNO 3: 21:00 - 5:00				
 Elaborado por Diego Medina Salas		 Revisado y aprobado Jefe área de producción		

Fuente: Elaboración Propia

iv.Mejora N° 4: “Incorporar al operario de producción para el apoyo hacia el encargado de cambio de molde”.

Tal y como muestran las observaciones uno de los problemas detectados es que todo el cambio de molde es realizado únicamente por el supervisor del área de inyección, encargado no solo del cambio de molde sino también de solucionar todos los inconvenientes que presenten las máquinas y operarios en el área.

Durante las observaciones se detectó que los operarios de producción del turno encargados de la máquina se encontraban en la mayoría de veces realizando una actividad ajena al cambio de molde, esto debido a que gran parte de los operarios desconocían de algunos procedimientos del cambio e instalación de los moldes, es por ello que el jefe del área de producción los designaba a realizar actividades como el pesaje y sellado de productos terminados (tapas, tapones, regatones, etc.) o la inspección de productos no conformes reingresados a la empresa. Sin embargo, al elaborar las fichas de observación se identificaron actividades que podrían ser ejecutadas por cualquier operario sin la necesidad de tener gran conocimiento o experiencia en cambio de moldes.

Es así que se procedió a optimizar las actividades de manera que el cambio de molde sea ejecutado por dos operarios, de esta manera muchas de las actividades pueden ser realizadas de forma paralela reduciendo considerablemente su tiempo.

Finalmente se realizó una nueva ficha de toma de tiempos con la nueva organización de actividades ejecutadas por ambos operarios, para un mejor entendimiento de la ficha SMED se denominó al supervisor del área de inyección como “montador 1” y al operario de la máquina de inyección como “montador 2”. La siguiente tabla muestra las actividades que realizó cada operario y el tiempo promedio de las cinco muestras

observadas una vez aplicadas todas las mejoras vistas anteriormente (véase Anexo 5).

Tabla 13: Ficha de Observación SMED - Mejoras aplicadas

FICHA DE OBSERVACIÓN SMED - MEJORA APLICADA			
Observador:	Diego Medina Salas	Área:	Área de inyección
Operación:	Cambio de Molde	Producto:	Cono Super Jumbo
Supervisor del Área de Inyección (Montador 1)	Pasos	Operador de la máquina de inyección (Montador 2)	Tiempo Promedio (hh:mm:ss)
Actividades		Actividades	
Detener y programar la máquina en estado de retiro de molde	1	Mover el puente grúa y acomodar la cadena cerca del molde	00:00:50
Detener la circulación del agua y desacoplar las mangueras de refrigeración de los conectores rápidos	2	Enganchar la cadena del puente grúa al molde y apoyar al montador 1 al desacople de las mangueras	00:02:19
Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la platina móvil de la máquina	3	Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la platina fija de la máquina	00:02:10
Subir encima de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando este siendo elevado	4	Elevar el molde tirando de la cadena hacia abajo	00:00:36
Girar la dirección del puente grúa	5	Informar al montador 1 la correcta posición de la grúa antes de descender el molde	00:00:10
Bajar de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando esté siendo descendido	6	Descender el molde al suelo	00:01:01
Retirar la cadena del molde	7	En el suelo, posicionar el nuevo molde en forma vertical	00:00:29
Enganchar la cadena del puente grúa al nuevo molde	8	Apartar el molde retirado	00:00:49
Subir encima de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando este siendo elevado	9	Elevar el nuevo molde	00:02:39
Girar la dirección del puente grúa hacia la máquina	10	Informar al montador 1 la correcta posición de la grúa antes de descender el molde dentro de la máquina	00:00:09
Bajar de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando esté siendo descendido	11	Descender el molde dentro de la máquina	00:00:42
Informar al montador 2 la correcta altura del molde de forma que encaje con la placa fija	12	Ajustar la altura del molde	00:00:10
Establecer la velocidad del husillo y aproximar la platina móvil para empujar el molde hacia la platina fija	13	Informar al montador 1 la posición del molde para que logre encajarse con la platina fija	00:01:03
Encuadrar el molde golpeando levemente sus costados con la barra de acero	14	Informar al montador 1 la posición del aro centrador del molde para que logre encajar correctamente con la boquilla del husillo	00:10:32
Instalar las abrazaderas en la parte móvil del molde con la platina respectiva de la máquina	15	Instalar las abrazaderas en la parte fija del molde con la platina respectiva de la máquina	00:06:45
Retirar la cadena del molde	16	Colocar cinta teflón en los conectores rápidos	00:01:49
Instalar los conectores rápidos en el molde	17	Instalar los conectores rápidos en el molde	00:03:32
Colocar las mangueras de refrigeración y encender la circulación del agua	18	Limpieza del material restante anterior presente en la tolva de la máquina	00:02:07
Inspección y limpieza del área de trabajo	19	Añadir el nuevo material en la tolva de la máquina	00:02:14
Cargar la configuración del nuevo producto desde la base de datos de la máquina utilizando el panel de control	20	Colocar el recipiente en el área de evacuación de la máquina para la caída del producto	00:01:21
Realizar pruebas para determinar la correcta temperatura del husillo y el tiempo de inyección	21	Inspeccionar la calidad del producto saliente y colocar aceite de silicona en el molde para evitar que el producto se adhiera al molde	00:06:28
TIEMPO PROMEDIO TOTAL			00:47:54

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 13 se puede concluir que, mediante la aplicación de todas las mejoras propuestas en un inicio se logró la reducción del tiempo de cambio de molde en la máquina de inyección “Haitian” usando el molde del producto como súper jumbo, logrando un tiempo promedio actual de 47 minutos y 54 segundos, es decir, 45 minutos y 17 segundos menos que el tiempo promedio hallado antes de ser aplicada la mejora logrando así una reducción del 48.6% del tiempo de cambio de molde.

Ecuación 1: Porcentaje de reducción del tiempo con mejora SMED

Tiempo sin mejora SMED = 1 hr. 33 min. 11 seg. = 5591 seg.

Tiempo aplicando mejora SMED = 47 min. y 54 seg. = 2874 seg.

$$\% \text{ de reducción del tiempo} = \frac{5591 - 2874}{5591} * 100\% = 48.6\%$$

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 23: Aplicación de la mejora añadiendo un operario al cambio de molde



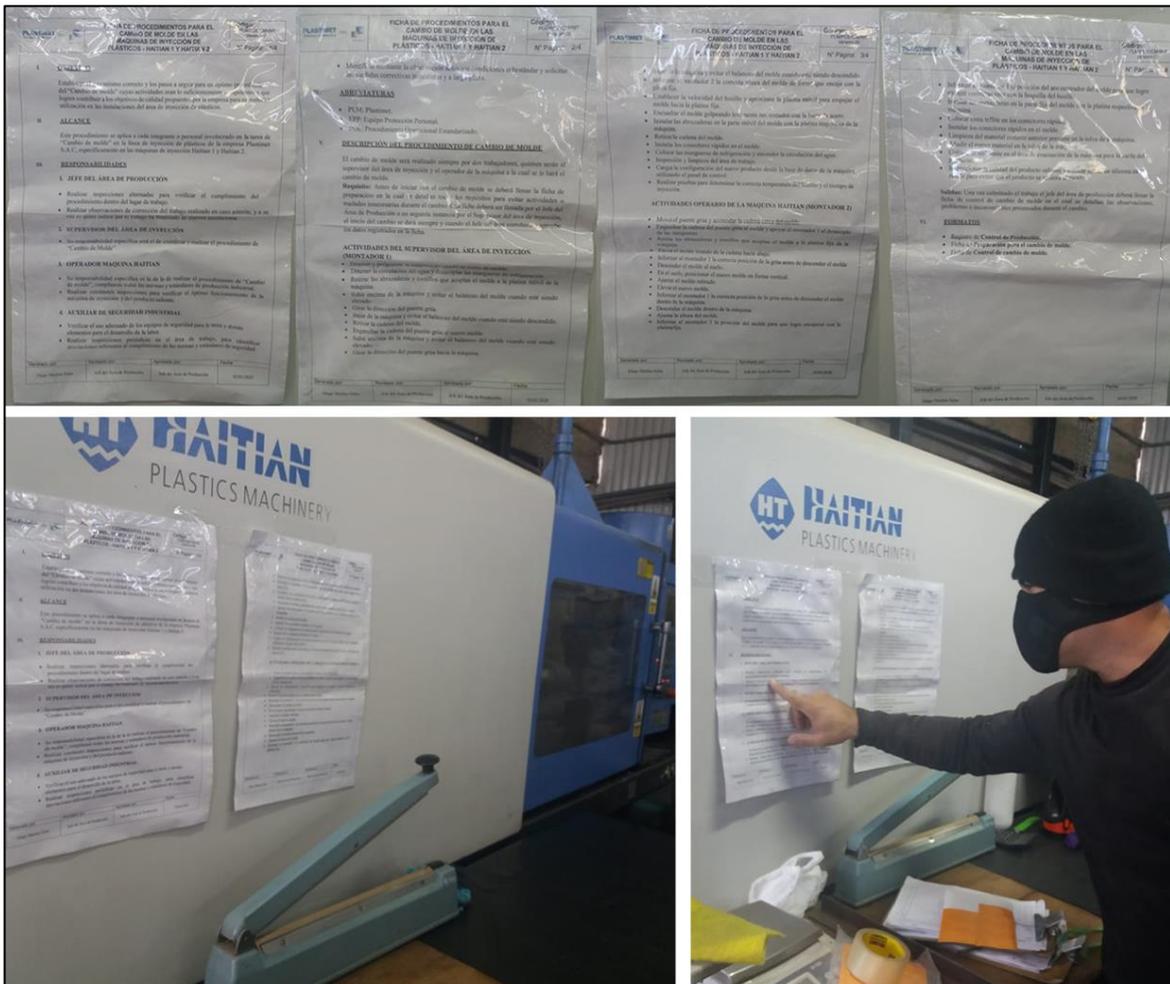
Fuente: Elaboración Propia

5.1.7. Etapa de estandarización y seguimiento

En esta etapa se elaboró toda la documentación necesaria para la estandarización de las actividades en el cambio de molde, se realizó una ficha de procedimientos en las cuales se especifican las responsabilidades dentro del cambio de molde y se describe el procedimiento detallando todas las actividades que deben ser realizadas por ambos operarios (montador 1 y montador 2).

Debido a que se tienen dos máquinas Haitian iguales en la línea de inyección de plásticos, es que se plantea el uso de la misma ficha de procedimientos de cambio de molde para ambas máquinas (véase Anexo 6,7,8 y 9).

Imagen 24: Operario siguiendo las instrucciones de las fichas de procedimientos



Fuente: Elaboración Propia

Como se muestran en las evidencias fotográficas las fichas fueron puestas en un lugar visible para todos los operarios, en este caso se colocaron en la misma máquina de inyección, de esta manera tienen un mejor alcance al documento lo que facilita su lectura recurrente.

Cabe destacar que las actividades descritas en las fichas se ejecutaron por ambos operarios de forma paralela como se indica en la Ficha de observación SMED con la mejora aplicada (véase Tabla 13). Mediante el uso de estas fichas se busca que los operarios encargados del molde tengan claro las actividades que tienen que realizar y logren establecer un mecanismo correcto de trabajo.

5.2. Capacitación y retroalimentación

Un punto importante después de que haya sido aplicada la mejora es la capacitación de los trabajadores quienes están involucrados dentro del procedimiento de cambio de molde. De esta manera se asegura que los operarios tengan la información adecuada y entiendan la importancia de la aplicación del SMED y las consecuencias favorables que tiene la correcta aplicación en su área de trabajo.

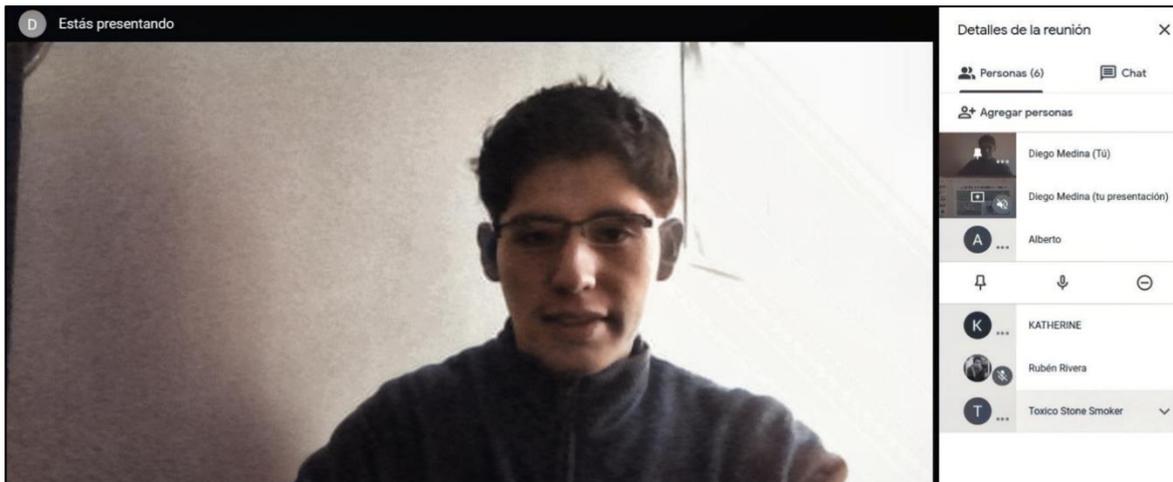
Es por ello que se realizó la capacitación de los operarios del área de inyección en la que se explicó diferentes definiciones y términos relacionados con las herramientas Lean Manufacturing y en especial la herramienta SMED.

Imagen 25: Capacitación sobre SMED vía Google Meet - PLASTIMET S.A.C.



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 26: Finalización de la exposición y retroalimentación



Fuente: Elaboración Propia

Esta capacitación fue otorgada a 3 operarios encargados de la máquina Haitian 1 y con la presencia del ingeniero de producción, cuando se finalizó la exposición del tema se procedió a responder interrogantes y algunas dudas por parte de los operarios fomentando así una mejor retroalimentación.

5.3. Evaluación del impacto económico debido a la aplicación de la herramienta

SMED

Una vez realizada la aplicación de las mejoras y tomando como referencia a los nuevos tiempos observados es que se procedió a evaluar el impacto económico que resultó de la aplicación del SMED.

5.3.1. Costos de producción del cono súper jumbo

De acuerdo a la línea de producción y a la especificación del producto escogido cuyo sustento se muestra en el capítulo 4 (ítem 4.7) se elaboró la siguiente tabla en la que se detalla el costo de fabricación para la producción de los Conos super jumbo.

Tabla 14: Costos de producción Cono Súper Jumbo

COSTOS DE FABRICACIÓN		
PRODUCTO: CONO SUPER JUMBO		
MÁQUINA: HAITIAN 1 (MA1600)		
COSTOS		
Mano de Obra DIRECTA 1 OPERARIO	8.82	soles x hora
Materia Prima LDPE - RECICLADO	2.00	soles x kg.
Aditivos	8.00	soles x kg.
Costo KW HORA PUNTA	0.24	soles x Kwh
PARAMETROS (1 OPERARIO)		
Ciclo teórico de producción	29.00	seg.
Ciclo real considerando producción por turno	30.00	seg.
Peso del producto	98.00	gr.
Consumo energético de la máquina	10.64	KWH
FORMULACION		
Materia Prima LDPE - RECICLADO	98.000	%
Aditivos	2.000	%

Fuente: PLASTIMET S.A.C.

Tabla 15: Costo de producción y precio de venta por unidad

COSTO MANO DE OBRA X CONO			
Costo de mano de obra DIRECTA X 1 OPERARIO	0.07	soles	
COSTO MATERIA PRIMA X CONO			
Materia Prima LDPE - RECICLADO	0.19	soles	
Aditivos	0.02	soles	
COSTO ELECTRICIDAD X CONO			
Costos Electricidad (1 máquina) X CONO	0.02	soles	
GASTOS			
Gastos DE PRODUCCION 24.5%	0.08	soles	<i>Sumatoria de todos los costos (MO + MP + Costo electricidad) X los porcentajes definidos por la empresa</i>
Gastos ADMINISTRATIVOS 11.5%	0.04	soles	
Gastos VENTAS 7.5%	0.02	soles	
Gastos FINANCIEROS 3%	0.01	soles	
Costo	0.32	soles	<i>Sumatoria de todos los costos (MO + MP + Costo electricidad)</i>
Gasto	0.15	soles	<i>Sumatoria de todos los gastos</i>
SUBTOTAL	0.47	soles	<i>(COSTO + GASTO)</i>
ESTABLECER O FIJAR % DE UTILIDAD AL 20 %	0.09	soles	<i>Se multiplica el subtotal por la utilidad establecida (20%)</i>
TOTAL	0.569	soles	<i>SUBTOTAL + UTILIDAD</i>

Fuente: Empresa PLASTIMET S.A.C.

Como se muestra en la tabla 15, el costo de producción por cono es de 0.47 soles con un margen de utilidad del 20% lo que genera un precio de venta de 0.57 soles por unidad, así mismo, se toma en consideración que los cálculos y porcentajes fueron

determinados por la empresa PLASTIMET S.A.C. la cual me proporcionó esta información.

5.3.2. Evaluación económica

Tomando en cuenta el ciclo real de producción que se muestra en la tabla 14, se halla la cantidad de unidades producidas diarias resaltando que el horario actual de trabajo consta de tres turnos con una duración de ocho horas cada una.

Se procedió a hallar la cantidad de conos producidos en un turno que no contenga un cambio de molde, considerando que el ciclo real de producción (dato otorgado por la empresa) es de 30 segundos.

Ecuación 2: Cálculo de la producción de conos durante un turno

sin cambio de molde

$$\frac{1 \text{ cono}}{30 \text{ seg}} * \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hora}} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 2880 \text{ conos/día}$$
$$\frac{2880}{3} = 960 \text{ conos/turno}$$

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la ecuación 1, se producen 960 conos en un turno normal (sin cambio de molde).

De la información obtenida de acuerdo a la tabla 13 se procedió a calcular el tiempo reducido gracias a la aplicación del SMED.

Ecuación 3: Cálculo del tiempo reducido por la aplicación del SMED

$$\text{tiempo sin mejorar} = 1 \text{ hr } 33 \text{ min } 11 \text{ seg} = 5591 \text{ segundos}$$

$$\text{tiempo con mejora aplicada} = 47 \text{ min y } 54 \text{ seg} = 2874 \text{ segundos}$$

$$\text{tiempo reducido} = 5591 - 2874 = 45 \text{ min y } 17 \text{ seg} = 2717 \text{ segundos}$$

Fuente: Elaboración Propia

La ecuación 2 muestra como resultado una reducción de 45 minutos y 17 segundos (2717 segundos) del cambio de molde, es por ello que, para cuantificar el beneficio de

este ahorro de tiempo, se calculó la cantidad de conos súper jumbo que pueden ser fabricados durante este tiempo y su valor económico.

Ecuación 4: Cálculo de los conos producidos durante el tiempo reducido y su valor económico

$$\frac{2717 \text{ seg} * 1 \text{ cono}}{30 \text{ seg}} = 90 \text{ conos}$$

$$90 * 0.57 = 51.3 \text{ soles}$$

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente considerando la información proporcionada por la empresa consignada en la tabla 15 en la que el precio por cono es de 0.57 soles se demuestra que durante el tiempo en el que se redujo el cambio de molde se produjeron 90 conos súper jumbo representando económicamente un ahorro de 51 soles con 30 céntimos.

En la siguiente tabla se muestra una comparación del nuevo escenario logrado a través de la aplicación de la mejora.

Tabla 16: Comparación de unidades producidas

Turno	Antes de ser aplicada la mejora		Después de ser aplicada la mejora	
	Horas de producción	Unidades	Horas de Producción	Unidades
Turno del cambio de molde	6 hrs 27 min	774	7 hrs 12 min	864
Siguiente Turno	8 hrs	960	8 hrs	960
Sub siguiente Turno	8 hrs	960	8 hrs	960
TOTAL	22 hrs 27 min	2,694	23 hrs 12 min	2,784

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla 16, al realizar la comparativa de las unidades producidas durante el turno en el que se realiza el cambio de molde se observa un incremento favorable de la producción, esto debido al aumento del tiempo productivo de la máquina.

Ecuación 5: Porcentaje del incremento de producción durante el turno de cambio de molde

$$\text{Incremento de producción en el turno de cambio} = \frac{(864 - 774)}{774} * 100\% = 11.6\%$$

$$\text{Incremento de producción diaria} = \frac{(2784 - 2694)}{2694} * 100\% = 3.34\%$$

Fuente: Elaboración Propia

Del cálculo generado se puede observar que existe un incremento del 11,6% en la producción del turno en el que se realizó el cambio de molde y un aumento del 3,34% en la producción de un día considerando que la empresa trabaja en los tres turnos de 8 horas cada uno.

Sin embargo, es importante mencionar que comúnmente las ordenes de producción del cono súper jumbo son de un promedio de 20000 unidades llegando ocasionalmente hasta las 50000 unidades, lo que conlleva que las producciones duren varios días, pero el cambio de molde se realiza solo una vez por cada lote de producción, es decir por cada orden de producción. A continuación, se muestra una tabla en la que se realizó la evaluación del incremento productivo en base a las órdenes de producción de los meses de enero y febrero del año 2020, así también, se muestra la frecuencia del cambio de molde por cada lote de producción.

Tabla 17: Evaluación del incremento productivo por frecuencia de cambio de molde y orden de producción

Fecha		Orden de producción (unidades)	Frecuencia del cambio de molde	Conos producidos durante el ahorro de tiempo	
Enero	6/01/2020	20000	1	90	
	21/01/2020	20000	1	90	
Febrero	8/02/2020	30000	1	90	
	25/02/2020	20000	1	90	valor de los 360 conos
TOTAL		90000	4	360	S/ 205.20

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 17 la cantidad de unidades producidas durante el tiempo ahorrado en cuatro cambios de molde es de 360 conos súper jumbo lo que trasladado

económicamente representa un valor de 205 soles en base a la tabla 15 que nos indica el precio de venta de un cono por unidad.

Finalmente, cabe mencionar que para la aplicación de las mejoras propuestas se colaboró con la empresa asumiendo con los siguientes gastos.

Tabla 18: Gastos para la aplicación de las mejoras

Ítem	Cantidad	Precio (soles)
Conectores Rápidos	20	S/50.00
Caja de Herramientas	1	S/15.00
Artículos de escritorio e Impresiones	1	S/15.50
TOTAL		S/80.50

Fuente: Elaboración Propia

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Aplicar la herramienta SMED para la reducción del tiempo de cambio de molde en una línea de inyección de plásticos.

Se desarrolló la aplicación de la herramienta SMED de lo cual se obtuvo una reducción del tiempo de cambio de molde total en un 48.6%. Si contrastamos estos resultados con algunas investigaciones resultan ser favorables como la desarrollada por Marrujo Alvarez en el 2017 aplicada en la empresa Plásticos A S.A en la ciudad de Lima – Perú, en la cual se puede observar una aplicación más amplia del SMED y otras herramientas Lean Manufacturing en la que su autor coloca mucho énfasis en la reducción también de mermas, desperdicios y reprocesos, pero por otro lado en el desarrollo de esta tesis se prioriza la reducción o eliminación de actividades exclusivas del cambio de molde mediante el apoyo de otro operario designando y estandarizando cada actividad.

Identificar las actividades que incrementan el tiempo de cambio de molde en la máquina.

La identificación de actividades comenzó desde la finalización del lote anterior hasta el inicio de la nueva producción para ello se realizaron cinco filmaciones del cambio de molde en la que se identificaron muchas actividades que no agregaban valor o requerían mayor uso de tiempo debido a que un solo operario era el encargado de realizar el cambio,

también se observó una falta de estandarización de actividades y desorganización de herramientas y por consecuencia incrementaba el tiempo total del cambio de molde.

Implementar la herramienta SMED para reducir el tiempo de cambio de molde en una máquina de inyección de plástico.

La implementación de la herramienta SMED comenzó con la identificación de actividades y su respectivo cronometraje, después se separaron las actividades en internas y externas para más adelante poder reducir y eliminar algunas, puesto que no agregaban valor al procedimiento o no se encontraban optimizadas, una vez realizado estos pasos se procedió a implementar las mejoras, organizando herramientas, implementando nuevos conectores al molde y elaborando fichas para el correcto procedimiento del cambio de molde, de esta manera se logró una reducción de 45 minutos y 17 segundos del tiempo total de cambio.

Evaluar el impacto económico de la reducción del tiempo de cambio de molde después de ser implementado la herramienta SMED.

Para el análisis del impacto económico se tomó en cuenta la reducción del tiempo aplicado al turno en el que se realizó el cambio de molde puesto que el incremento de las unidades producidas solo afecta a este turno. Esta reducción del tiempo de cambio aumentó la cantidad de producción diaria en un 3,34% siempre y cuando se realice el cambio de molde en ese día.

CONCLUSIONES

- Mediante la aplicación de la herramienta SMED se logró la disminución del tiempo de cambio de molde de la inyectora Haitian 1 con el producto Cono Super Jumbo, lo que incluyó la reducción y eliminación de actividades que no agregaban valor al procedimiento, este problema radicaba por una ausencia en la planificación de diferentes actividades y la falta de organización de las herramientas necesarias para el cambio de molde, dificultades que fueron superadas con la presente investigación.
- Mediante el diseño que propone la herramienta SMED se identificaron todas las actividades que se realizaban en el procedimiento de cambio de molde de la inyectora Haitian 1 antes de ser aplicada la mejora, se consideraron las actividades desde el término del lote de producción anterior hasta el inicio de la nueva producción, las mismas que sumaban un tiempo de 1 hora con 33 minutos y 11 segundos.
- Con la implementación de la herramienta SMED se realizó el análisis de los tiempos identificados y se logró seleccionar algunas actividades que no se desarrollaban de manera óptima e incluso algunas actividades innecesarias, por lo que con el apoyo del personal con experiencia se determinó el orden final de las actividades para el cambio de molde del producto Cono super Jumbo en la máquina inyectora Haitian 1. Se

estandarizaron y reordenaron las funciones del personal y se optimizó la organización de las herramientas requeridas para el cambio de molde, con todos estos cambios implementados, se logró minimizar y eliminar actividades que no agregaban valor obteniendo una reducción del 48.6% del tiempo total empleado.

- En la evaluación económica realizada se logró evidenciar que el ahorro alcanzado en la reducción de tiempo para el cambio de molde en la inyectora Haitian 1 después de ser implementado la herramienta SMED, significa un ahorro de S/ 51.30 soles y un incremento de producción de 11,6% durante el turno en el que se realizó el cambio de molde.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda replicar la metodología empleada de la presente investigación en todas las líneas de producción de la empresa PLASTIMET S.A.C, uniformizando y estandarizando todos los procedimientos para facilitar el control posterior a la aplicación de cualquier herramienta Lean
- Para posteriores investigaciones se recomienda seguir con la metodología propuesta en esta tesis, seleccionando el producto dependiendo de la demanda y/o ingreso que genere su producción, Asimismo se pueden aplicar diferentes herramientas Lean para la reducción del tiempo de cambio de molde y para cualquier parte del proceso productivo.
- Se recomienda contar con datos adicionales que permitan calcular el O.E.E. y utilizar algunas variables adicionales a lo propuesto en esta investigación para analizar el impacto económico, como el registro de los tiempos de paradas y/o microparadas de las máquinas, tiempo de averías, cantidad de productos defectuosos, mermas, costo energético de las máquinas u otros datos que aporten al cálculo del O.E.E y evaluar de forma más exacta la mejoría que genera la aplicación de la herramienta SMED o cualquier otra herramienta Lean Manufacturing.

ANEXOS

Anexo 1: Carta de compromiso para la ejecución del Proyecto de Investigación

Carta de compromiso para entidad involucrada en Tesis de Suficiencia Profesional

Arequipa, 30 de Octubre de 2019.

La empresa **Plastimet S.A.C.** con **Ruc. Nro. 20497784817**, conforme lo establecido en el artículo 5.1 del Reglamento de Grado Académico de Bachiller y Título Profesional de la Universidad Tecnológica del Perú y dentro del marco de los intereses de la UTP de favorecer acciones de responsabilidad social universitaria con diversas instituciones de la sociedad peruana, se dirige a la universidad para solicitar su contribución en la búsqueda de una solución al siguiente problema:

“La falta de optimización en los tiempos de cambio de molde en la línea de inyección de plásticos”.

El Problema constituye un tema pertinente y actual en nuestra institución que aún no ha sido resuelto y no forma parte de ningún proyecto en vías de implementación. Es de nuestro interés incluir el Problema en el plan de trabajo para la titulación mediante Tesis denominado: **“Aplicación de la herramienta SMED para la reducción del tiempo de cambio de molde en la línea de inyección de plásticos de la empresa PLASTIMET S.A.C.”**.

Cuyo(s) autor(es) es(son):

Nombres y apellidos	Carrera
Diego Alberto Medina Salas	Ingeniería Industrial

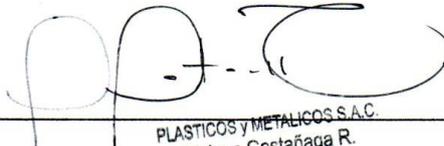
Agradeciendo de antemano la contribución de la UTP en la solución del Problema, nos comprometemos a brindar la información de nuestra empresa que se requiera para el desarrollo de este trabajo, la misma que solo puede ser utilizada para fines estrictamente académicos vinculados al trabajo. Declaramos conocer que, por disposiciones legales, la Tesis será de público conocimiento luego de dos años de su sustentación.

Cordialmente,

Nombres y apellidos del representante de la institución: Sra. Viviana Gastañaga Rojas

Cargo que ocupa: Gerente Administrativo D.N.I. 29619434

Firma y sello: _____


PLASTICOS Y METALICOS S.A.C.
Viviana Gastañaga R.
Apoderada

Fuente: Empresa PLASTIMET S.A.C.

Anexo 2: Ficha de observaciones antes de ser aplicada la mejora

FICHA DE OBSERVACIÓN SMED							
Observador:	Diego Alberto Medina Salas	Herramientas:	Filmadora/Cronómetro	Área:	Inyección		
Operación:	Cambio de molde	Producto/Pieza:	Cono Super Jumbo	Empresa:	Plastimet S.A.C.		
N°	Descripción de Actividades	Tiempo observado(hh:mm:ss)					Tiempo Promedio
		2/11/2019	14/11/2019	26/11/2019	9/12/2019	21/12/2019	
		1	2	3	4	5	
1	Detener y programar la máquina en estado de retiro de molde	00:00:38	00:00:52	00:01:09	00:00:46	00:00:55	00:00:52
2	Detener la circulación del agua y desacoplar las mangueras de refrigeración	00:08:41	00:06:25	00:07:53	00:06:02	00:09:16	00:07:39
3	Enganchar la cadena del puente grúa al molde	00:00:34	00:00:43	00:00:52	00:00:28	00:00:41	00:00:40
4	Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la máquina	00:04:10	00:03:38	00:02:29	00:03:14	00:02:56	00:03:17
5	Elevar el molde tirando de la cadena hacia abajo	00:00:49	00:00:23	00:00:35	00:00:42	00:00:29	00:00:36
6	Subir encima de la máquina	00:00:10	00:00:06	00:00:08	00:00:05	00:00:12	00:00:08
7	Girar la dirección del puente grúa	00:00:06	00:00:14	00:00:07	00:00:11	00:00:09	00:00:09
8	Descender de la máquina	00:00:04	00:00:08	00:00:06	00:00:04	00:00:10	00:00:06
9	Descender el molde	00:01:33	00:00:51	00:01:08	00:00:44	00:00:56	00:01:02
10	Retirar la cadena del molde	00:00:22	00:00:40	00:00:43	00:00:35	00:00:27	00:00:33
11	Transportar el nuevo molde hacia la máquina	00:02:02	00:02:43	00:02:11	00:01:57	00:01:38	00:02:06
12	Enganchar la cadena del puente grúa al nuevo molde	00:01:11	00:00:44	00:00:37	00:00:50	00:00:32	00:00:47
13	Elevar el nuevo molde tirando la cadena hacia abajo	00:02:16	00:01:50	00:03:23	00:03:05	00:02:37	00:02:38
14	Subir encima de la máquina	00:00:09	00:00:05	00:00:06	00:00:10	00:00:07	00:00:07
15	Girar la dirección del puente grúa	00:00:07	00:00:09	00:00:11	00:00:08	00:00:15	00:00:10
16	Descender de la máquina	00:00:09	00:00:05	00:00:04	00:00:06	00:00:07	00:00:06
17	Descender el molde	00:00:33	00:01:01	00:00:42	00:00:52	00:00:39	00:00:45
18	Ajuste de la altura del molde	00:00:11	00:00:07	00:00:18	00:00:06	00:00:25	00:00:13
19	Configuración de la velocidad del husillo en el panel de control	00:02:02	00:01:45	00:01:09	00:00:52	00:02:15	00:01:37
20	Encuadre del molde y prueba mediante la apertura y cierra del husillo	00:30:31	00:19:52	00:26:45	00:14:09	00:17:26	00:21:45
21	Colocación de las abrazaderas y tornillos para el acople del molde	00:11:28	00:15:11	00:19:43	00:09:36	00:13:40	00:13:56
22	Retirar la cadena del molde	00:00:15	00:00:34	00:00:42	00:00:16	00:00:28	00:00:27
23	Traslado del material nuevo de producción hasta la máquina	00:08:23	00:04:48	00:06:31	00:07:39	00:03:37	00:06:12
24	Limpieza del material restante de la producción anterior	00:01:15	00:00:49	00:02:04	00:00:53	00:01:46	00:01:21
25	Instalación de acoples y ajuste de las mangueras	00:10:34	00:11:47	00:15:07	00:13:21	00:17:14	00:13:37
26	Encender el sistema de refrigeración	00:00:20	00:00:14	00:00:18	00:00:23	00:00:11	00:00:17
27	Añadir el nuevo material en la tolva de la máquina	00:02:13	00:01:27	00:03:03	00:01:50	00:02:22	00:02:11
28	Mover la grúa con la cadena para evitar estorbo al trabajar	00:00:06	00:00:11	00:00:08	00:00:15	00:00:09	00:00:10
29	Inspección y limpieza del área de trabajo	00:02:12	00:01:45	00:03:02	00:01:30	00:02:38	00:02:13
30	Cargar la configuración del nuevo producto de la base de datos de la máquina	00:00:46	00:01:05	00:00:55	00:00:35	00:01:26	00:00:57
31	Pruebas de temperatura y salida del producto	00:06:56	00:04:34	00:05:11	00:08:47	00:07:11	00:06:32
TIEMPO TOTAL		01:40:46	01:24:46	01:47:20	01:20:11	01:32:54	01:33:11

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Ficha de observación SMED

FICHA DE OBSERVACIÓN SMED							
Observador:		Herramientas:		Área:			
Operación:		Producto/Pieza:		Empresa:			
N°	Descripción de Actividades	Tiempo observado(hh:mm:ss)					Tiempo Promedio
		1	2	3	4	5	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
TIEMPO TOTAL							

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4: Ficha de preparación para el cambio de molde

	FICHA DE PREPARACIÓN PARA EL CAMBIO DE MOLDE	Código: PLM-FPC 01
		Área: Inyección
		Plastimet S.A.C

1. DATOS			
EVALUADOR:		FECHA:	
MONTADOR 1:		HORA INICIO DE INSPECCIÓN:	
MONTADOR 2:		HORA FIN DE INSPECCIÓN:	
PRODUCTO ANTERIOR:		MÁQUINA:	
PRODUCTO A COLOCAR:		TURNO:	

2. VERIFICACIÓN Y CONFORMIDAD DE REQUISITOS			
Aspectos Valorados	Cumplimiento		Observaciones
	SI	NO	
El área de trabajo se encuentra limpio y ordenado (ausencia de residuos plásticos, herramientas desorganizadas o estorbos en el suelo que impidan el correcto desempeño de los operarios).			
¿El molde a ser colocado y la materia prima se encuentran ubicados a un costado de la máquina?			
¿El área de trabajo presenta una adecuada iluminación?			
¿La caja de herramientas se encuentra ubicada en el lugar de cambio de molde con todas los materiales y accesorios completos?			
La batería de la linterna se encuentra cargada			
Los operarios llevan puestos los EPP'S apropiados (lentes de seguridad, guantes, zapatos de seguridad)			
Notas: <i>*Para poder iniciar con el cambio de molde es necesario que todos los aspectos sean cumplidos, en caso contrario escribir en el espacio de observaciones el problema detectado y la solución que se le ha dado.</i> <i>*Una vez que todas las observaciones han sido levantadas (si es que exista el caso) se coloca la hora en el espacio "Hora fin de inspección".</i> <i>*Descripción de los turnos, TURNO 1: 5:00 - 13:00 hrs; TURNO 2: 13:00 - 21:00 hrs; TURNO 3: 21:00 - 5:00</i>			

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5: Ficha de observación SMED - Mejora aplicada

FICHA DE OBSERVACIÓN SMED - MEJORA APLICADA									
Observador:	Diego Medina Salas	Producto:	Cono Super Jumbo	Área:	Área de Inyección				
Herramientas:	Filmadora/Cronómetro	Operación:	Cambio de molde	Empresa:	Plastimet S.A.C.				
Supervisor del Área de Inyección (Montador 1)	Pasos	Operador de la máquina de inyección (Montador 2)	Tiempo Observado(hh:mm:ss)						
			7/01/2020	23/01/2020	10/02/2020	12/03/2020	4/05/2020	Tiempo Promedio	
Actividades		Actividades	1	2	3	4	5		
Detener y programar la máquina en estado de retiro de molde	1	Mover el puente grúa y acomodar la cadena cerca del molde	00:01:09	00:00:39	00:00:45	00:00:41	00:00:56	00:00:50	
Detener la circulación del agua y desacoplar las mangueras de refrigeración de los conectores rápidos	2	Enganchar la cadena del puente grúa al molde y apoyar al montador 1 al desacoplo de las mangueras	00:01:39	00:03:06	00:02:45	00:02:16	00:01:47	00:02:19	
Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la platina móvil de la máquina	3	Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la platina fija de la máquina	00:01:56	00:02:53	00:02:15	00:02:06	00:01:39	00:02:10	
Subir encima de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando este siendo elevado	4	Elevar el molde tirando de la cadena hacia abajo	00:00:31	00:00:28	00:00:40	00:00:45	00:00:36	00:00:36	
Girar la dirección del puente grúa	5	Informar al montador 1 la correcta posición de la grúa antes de descender el molde	00:00:08	00:00:09	00:00:12	00:00:06	00:00:14	00:00:10	
Bajar de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando esté siendo descendido	6	Descender el molde al suelo	00:00:58	00:01:27	00:00:48	00:00:53	00:01:00	00:01:01	
Retirar la cadena del molde	7	En el suelo, posicionar el nuevo molde en forma vertical	00:00:40	00:00:32	00:00:24	00:00:29	00:00:18	00:00:29	
Enganchar la cadena del puente grúa al nuevo molde	8	Apartar el molde retirado	00:00:46	00:01:07	00:00:51	00:00:42	00:00:37	00:00:49	
Subir encima de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando este siendo elevado	9	Elevar el nuevo molde	00:03:04	00:03:11	00:01:59	00:02:47	00:02:15	00:02:39	
Girar la dirección del puente grúa hacia la máquina	10	Informar al montador 1 la correcta posición de la grúa antes de descender el molde dentro de la máquina	00:00:14	00:00:09	00:00:06	00:00:11	00:00:07	00:00:09	
Bajar de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando esté siendo descendido	11	Descender el molde dentro de la máquina	00:00:36	00:00:54	00:00:41	00:00:33	00:00:48	00:00:42	
Informar al montador 2 la correcta altura del molde de forma que encaje con la placa fija	12	Ajustar la altura del molde	00:00:15	00:00:08	00:00:09	00:00:06	00:00:11	00:00:10	
Establecer la velocidad del husillo y aproximar la platina móvil para empujar el molde hacia la platina fija	13	Informar al montador 1 la posición del molde para que logre encajarse con la platina fija	00:00:38	00:01:47	00:00:46	00:01:14	00:00:51	00:01:03	
Encuadrar el molde golpeando levemente sus costados con la barra de acero	14	Informar al montador 1 la posición del aro centrador del molde para que logre encajar correctamente con la boquilla del husillo	00:08:33	00:12:31	00:09:27	00:10:48	00:11:22	00:10:32	
Instalar las abrazaderas en la parte móvil del molde con la platina respectiva de la máquina	15	Instalar las abrazaderas en la parte fija del molde con la platina respectiva de la máquina	00:05:52	00:07:46	00:06:38	00:08:11	00:05:17	00:06:45	
Retirar la cadena del molde	16	Colocar cinta teflón en los conectores rápidos	00:01:46	00:02:02	00:01:14	00:02:38	00:01:23	00:01:49	
Instalar los conectores rápidos en el molde	17	Instalar los conectores rápidos en el molde	00:02:49	00:04:23	00:02:15	00:05:07	00:03:05	00:03:32	
Colocar las mangueras de refrigeración y encender la circulación del agua	18	Limpieza del material restante anterior presente en la tolva de la máquina	00:01:23	00:03:17	00:01:56	00:02:27	00:01:34	00:02:07	
Inspección y limpieza del área de trabajo	19	Añadir el nuevo material en la tolva de la máquina	00:01:23	00:03:17	00:02:07	00:01:39	00:02:43	00:02:14	
Cargar la configuración del nuevo producto desde la base de datos de la máquina utilizando el panel de control	20	Colocar el recipiente en el área de evacuación de la máquina para la caída del producto	00:01:49	00:02:03	00:00:49	00:00:52	00:01:11	00:01:21	
Realizar pruebas para determinar la correcta temperatura del husillo y el tiempo de inyección	21	Inspeccionar la calidad del producto saliente y colocar aceite de silicona en el molde para evitar que el producto se adhiera al molde	00:04:29	00:08:32	00:05:55	00:06:17	00:07:09	00:06:28	
TIEMPO TOTAL			00:40:38	01:00:21	00:42:42	00:50:48	00:45:03	00:47:54	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6: Ficha de procedimientos para el cambio de molde – Página 1/4

	FICHA DE PROCEDIMIENTOS PARA EL CAMBIO DE MOLDE EN LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS - HAITIAN 1 Y HAITIAN 2	Código: PLM/POE/CM/INY Versión 00	
		N° Página: 1/4	
<p>I. <u>OBJETIVO</u></p> <p>Establecer el mecanismo correcto y los pasos a seguir para un óptimo procedimiento del “Cambio de molde” cuyas actividades sean lo suficientemente competentes y que logren contribuir a los objetivos de calidad propuestos por la empresa para su posterior utilización en las instalaciones del área de inyección de plásticos.</p> <p>II. <u>ALCANCE</u></p> <p>Este procedimiento se aplica a cada integrante o personal involucrado en la tarea de “Cambio de molde” en la línea de inyección de plásticos de la empresa Plastimet S.A.C, específicamente en las máquinas de inyección Haitian 1 y Haitian 2.</p> <p>III. <u>RESPONSABILIDADES</u></p> <p>1. JEFE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar inspecciones alternadas para verificar el cumplimiento del procedimiento dentro del lugar de trabajo. Realizar observaciones de corrección del trabajo realizado en caso amerite, y a su vez es quien indica que el trabajo ha finalizado de manera satisfactoria. <p>2. SUPERVISOR DEL ÁREA DE INYECCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> Su responsabilidad específica será el de coordinar y realizar el procedimiento de “Cambio de Molde”. <p>3. OPERADOR MAQUINA HAITIAN</p> <ul style="list-style-type: none"> Su responsabilidad específica es la de la de realizar el procedimiento de “Cambio de molde”, cumpliendo todas las normas y estándares de producción industrial. Realizar constantes inspecciones para verificar el óptimo funcionamiento de la máquina de inyección y del producto saliente. <p>4. AUXILIAR DE SEGURIDAD INDUSTRIAL</p> <ul style="list-style-type: none"> Verificar el uso adecuado de los equipos de seguridad para la tarea y demás elementos para el desarrollo de la labor. Realizar inspecciones periódicas en el área de trabajo, para identificar desviaciones referentes al cumplimiento de las normas y estándares de seguridad. 			
Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Diego Medina Salas	Jefe del Área de Producción	Jefe del Área de Producción	04/01/2020

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7: Ficha de procedimientos para el cambio de molde – Página 2/4

	FICHA DE PROCEDIMIENTOS PARA EL CAMBIO DE MOLDE EN LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS - HAITIAN 1 Y HAITIAN 2		Código: LM/POE/CM/INY Versión 00 <hr/> N° Página: 2/4
<ul style="list-style-type: none"> ● Identificar mediante la observación actos y/o condiciones subestándar y solicitar las medidas correctivas inmediatas y a largo plazo. <p>IV. <u>ABREVIATURAS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● PLM: Plastimet. ● EPP: Equipo Protección Personal. ● POE: Procedimiento Operacional Estandarizado. <p>V. <u>DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CAMBIO DE MOLDE</u></p> <p>El cambio de molde será realizado siempre por dos trabajadores, quienes serán el supervisor del área de inyección y el operador de la máquina a la cual se le hará el cambio de molde.</p> <p>Requisito: Antes de iniciar con el cambio de molde se deberá llenar la ficha de preparación en la cual se detallan todos los requisitos para evitar actividades o traslados innecesarias durante el cambio. Esta ficha deberá ser llenada por el Jefe del área de producción o en segunda instancia por un operador previa designación y aprobación, el inicio del cambio se dará siempre y cuando el Jefe del área corrobore y apruebe los datos registrados en la ficha.</p> <p>ACTIVIDADES DEL SUPERVISOR DEL ÁREA DE INYECCIÓN (MONTADOR 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Detener y programar la máquina en estado de retiro de molde. ● Detener la circulación del agua y desacoplar las mangueras de refrigeración. ● Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la platina móvil de la máquina. ● Subir encima de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando esté siendo elevado. ● Girar la dirección del puente grúa. ● Bajar de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando esté siendo descendido. ● Retirar la cadena del molde. ● Enganchar la cadena del puente grúa al nuevo molde. ● Subir encima de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando esté siendo elevado. ● Girar la dirección del puente grúa hacia la máquina. 			
Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Diego Medina Salas	Jefe del Área de Producción	Jefe del Área de Producción	04/01/2020

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8: Ficha de procedimientos para el cambio de molde – Página 3/4

	FICHA DE PROCEDIMIENTOS PARA EL CAMBIO DE MOLDE EN LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS - HAITIAN 1 Y HAITIAN 2	Código: LM/POE/CM/INY Versión 00	
		N° Página: 3/4	
<ul style="list-style-type: none"> ● Bajar de la máquina y evitar el balanceo del molde cuando esté siendo descendido. ● Informar al montador 2 la correcta altura del molde de forma que encaje con la placa fija. ● Establecer la velocidad del husillo y aproximar la platina móvil para empujar el molde hacia la platina fija. ● Encuadrar el molde golpeando levemente sus costados con la barra de acero. ● Instalar las abrazaderas en la parte móvil del molde con la platina respectiva de la máquina. ● Retirar la cadena del molde. ● Instalar los conectores rápidos en el molde. ● Colocar las mangueras de refrigeración y encender la circulación del agua. ● Inspección y limpieza del área de trabajo. ● Cargar la configuración del nuevo producto desde la base de datos de la máquina utilizando el panel de control. ● Realizar pruebas para determinar la correcta temperatura del husillo y el tiempo de inyección. <p align="center">ACTIVIDADES OPERARIO DE LA MÁQUINA HAITIAN (MONTADOR 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mover el puente grúa y acomodar la cadena cerca del molde. ● Enganchar la cadena del puente grúa al molde y apoyar al montador 1 al desacoplo de las mangueras. ● Retirar las abrazaderas y tornillos que acoplan el molde a la platina fija de la máquina. ● Elevar el molde tirando de la cadena hacia abajo. ● Informar al montador 1 la correcta posición de la grúa antes de descender el molde ● Descender el molde al suelo. ● En el suelo, posicionar el nuevo molde en forma vertical. ● Apartar el molde retirado. ● Elevar el nuevo molde. ● Informar al montador 1 la correcta posición de la grúa antes de descender el molde dentro de la máquina. ● Descender el molde dentro de la máquina. ● Ajustar la altura del molde. ● Informar al montador 1 la posición del molde para que logre encajarse con la platina fija. 			
Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Diego Medina Salas	Jefe del Área de Producción	Jefe del Área de Producción	04/01/2020

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9: Ficha de procedimientos para el cambio de molde – Página 4/4

	FICHA DE PROCEDIMIENTOS PARA EL CAMBIO DE MOLDE EN LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS - HAITIAN 1 Y HAITIAN 2	Código: PLM/POE/CM/INY Versión 00	
		N° Página:4/4	
<ul style="list-style-type: none"> ● Informar al montador 1 la posición del aro centrador del molde para que logre encajar correctamente con la boquilla del husillo. ● Instalar las abrazaderas en la parte fija del molde con la platina respectiva de la máquina. ● Colocar cinta teflón en los conectores rápidos. ● Instalar los conectores rápidos en el molde. ● Limpieza del material restante anterior presente en la tolva de la máquina. ● Añadir el nuevo material en la tolva de la máquina. ● Colocar el recipiente en el área de evacuación de la máquina para la caída del producto. ● Inspeccionar la calidad del producto saliente y colocar aceite de silicona en el molde para evitar que el producto se adhiera al molde. <p>VI. <u>FORMATOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Registro de Control de Producción. ● Ficha de Preparación para el cambio de molde. 			
Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
Diego Medina Salas	Jefe del Área de Producción	Jefe del Área de Producción	04/01/2020

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10: Tomas de tiempo de cambio de molde máquina Haitian 1



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 11: Producción del Cono Super Jumbo - PLASTIMET S.A.C.



Fuente: PLASTIMET S.A.C.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] O. González Estrada, «Gana Más,» 25 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://revistaganamas.com.pe/sni-industria-del-plastico-genera-alrededor-de-200-mil-puestos-de-trabajo/>. [Último acceso: 20 Octubre 2019].
- [2] B. Fernández Barrenechea, «Reducir tiempo de entrega mejorando el tiempo de cambio de molde en empresa de plásticos de Lima, Perú,» Perú, 2016.
- [3] D. Arroyo Flores, «Aplicación de mejora continua para disminuir los tiempos muertos en el area de inyeccion de plasticos,» Trujillo, Perú, 2017.
- [4] R. Castillo Morán, «Reducción de los tiempos de cambio de molde en la línea de inyección de preformas de la compañía PLÁSTICOS TEAM S.A.S.,» Colombia, 2017.
- [5] D. Bahamón Arredondo, «Propuesta de un plan de mejoramiento de las operaciones de preparación y montaje de moldes en una empresa fabricante de envases plásticos en el valle del Cauca,» Colombia, 2016.
- [6] M. Vargas Angeles, «Aplicación del smed para reducir el tiempo de cambio de molde en una máquina inyectora,» Lima, Perú, 2016.
- [7] J. Valencia Rodríguez, «SMED de cambio de molde en máquina de inyección ARBURG,» México, 2014.
- [8] J. Avila Castellanos, «Implementación del sistema single minute exchange of die y planificación de contingencias en el departamento de montaje de moldes para la empresa MEGAPLAST, S.A.,» Guatemala, 2010.
- [9] M. Herrera Barrera, «Propuesta de un modelo de optimización de recursos para mejorar la eficiencia en el proceso de transformación del plástico,» Colombia, 2017.
- [10] C. Sarmiento Vásquez, «Incremento de la productividad en el área de producción de la empresa mundiplast mediante un sistema de producción esbelto lean manufacturing,» Ecuador, 2018.

- [11] C. Marrujo Alvarez, «APLICACIÓN DEL SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA MÁQUINA INYECTORA, PLÁSTICOS A S.A- LOS OLIVOS 2017,» Perú, 2017.
- [12] L. Mamani Laricano, «Optimización del Proceso Productivo en el Área de Producción de una Industria Plástica,» Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, Perú, 2018.
- [13] J. Barajas Ortiz, «Rediseño Del Sistema De Producción Y Operaciones Para El Área De Inyección De La Empresa Amcor Rigid Plastic De Colombia,» Colombia, 2015.
- [14] R. Archuleta Hernández, «Reducción De Tiempo De Cambio De Molde En Máquina Inyectora De Moldeo De 3500 Toneladas, En Una Planta Fabricadora De Interiores Automotrices,» Universidad De Sonora, México, 2014.
- [15] J. Martínez López, «Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing en el proceso productivo de una empresa del sector del juguete,» Universidad Politécnica de Valencia, España, 2018.
- [16] A. Amand Durand, E. Izquierdo Berlanga, L. Kanashiro Fonken, M. Mory Flores y A. Nicolini Aramburu, «Aplicación De La Filosofía De Lean Manufacturing En La Producción De Laminas Termocontraibles De La Empresa Inversiones Y Procesos Plasticos Diamand S.A.C.,» Tesis de Maestría, Lima, Perú, 2017.
- [17] D. Martínez Rodríguez y P. Galán Ponce, «Innovación, Diseño e Ingeniería de Productos Plásticos,» Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, 2010.
- [18] A. Sifuentes Samatelo, «Mejora de la productividad en una empresa de empaques flexibles aplicando la herramienta Single Minute Exchange of Die (SMED),» Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Perú, 2017.
- [19] J. Gonzalez Sanmartín, «Propuesta De Mejora Para El Proceso Productivo De Inyección De Plásticos Y Serigrafía En La Empresa Induramapartes Y Piezas,» Universidad de Cuenca, Ecuador, 2010.
- [20] N. Cardona Vinasco y E. Tirado Ríos, «Propuesta De Mejoramiento Con Base En La Filosofía Lean Manufacturing Para Una Línea De Llenado De Bebidas Alcohólicas Del Norte Del Valle Del Cauca,» Universidad del Valle, Colombia, 2017.
- [21] M. Valpuesta Lucena, «Ejemplo De Aplicación De Herramientas Lean En Una Fábrica Del Sector Automoción,» Universidad de Sevilla, España, 2016.
- [22] C. Sarmiento Vásquez, «Incremento De La Productividad En El Área De Producción De La Empresa Mundiplast Mediante Un Sistema De Producción Esbelto Lean Manufacturing,» Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2018.
- [23] Facultad de Ingeniería Industrial, «Plástico.Protocolo, Curso de Procesos de Manufactura,» Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia, 2007.
- [24] J. Hachi Quintana y J. Rodríguez Mejía, «Estudio De Factibilidad Para Reciclar Envases Plásticos De Polietileno Tereftalato (Pet), En La Ciudad De Guayaquil,» Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, 2010.
- [25] O. U. P. España, Tecnología Secundaria. Materiales Plásticos Y Textiles, España: Inicia Dual, 2015, pp. 79-83.
- [26] E. Paz Gonzáles, «Análisis De La Determinación De Las Propiedades Físico Y Mecánicas De Ladrillos Elaborados Con Plástico Reciclado.,» Universidad Nacional De San Agustín, Perú, 2014.

- [27] Sistema Nacional de Información, «Reporte Sectorial N°4 - 2019,» *IEE*, p. 6, 2019.
- [28] I. Collantez Díaz, M. Leyva Sánchez, J. Mejía Salvatierra y D. Ruíz Muro, «Planeamiento Estratégico de la Industria Peruana del Plástico,» Pontificia Universidad Católica Del Perú, Perú, 2017.
- [29] F. Torres García, «Polímeros : Procesos De Manufactura Y Diseño,» *Revista de Química*, vol. 13, 1999.
- [30] D. Iguasnia Vilema y C. Torres Barahona, «Aplicación De La Tecnología Cnc En La Modelación De Una Matriz De Soplado De Plástico Para La Producción De Botellas De 500 Ml Como Un Aporte A La Implementación Del Laboratorio De Cad-Cam De La Escuela De Ingeniería Industrial,» Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Ecuador, 2016.
- [31] J. Meré Marcos, «Estudio Del Procesado De Un Polímero Termoplástico Basado En Almidón De Patata Amigable Con El Medio Ambiente,» Universidad Carlos III De Madrid , España, 2009.
- [32] J. Caballero, «CONSTRUCCION NAVAL Embarcación Seaplast Z-750 en HDPE,» Seaplast, Chile, 2016.
- [33] L. Coicue Duarte, «Polietileno De Baja Densidad Como Alternativa Para Mejorar Las Propiedades Mecánicas De Una Mezcla Asfáltica Densa En Caliente Mdc-19,» Universidad Católica De Colombia, Colombia, 2017.
- [34] Webfontan, «Embalajes Fontanet,» 21 1 2020. [En línea]. Available: <https://embalajesfontanet.com/film-de-embalaje-industrial-en-pebd/>. [Último acceso: 13 2 2020].
- [35] J. Merchán Sandoval, «Preparación De Nanocompuestos De Polipropileno Y Montmorillonita Por Mezclado Reactivo,» Universidad Nacional Del Sur, Argentina, 2016.
- [36] Mariano, «Tecnología de los Plásticos,» 2 6 2011. [En línea]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polipropileno.html>. [Último acceso: 24 2 2020].
- [37] A. Alvarez Ramos, L. Cruz Rojas, M. Mendoza Gonzalez y A. Morán Hernández, «Poliestireno Expandido (EPS) (Unicel),» Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- [38] N. Tapia Yagual, «Estudio de factibilidad para una planta procesadora de resinas de PVC,» Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, 2005.
- [39] M. García y A. Torres, «PVC. Policloruro de Vinilo,» Asociación Nacional de la Industria Química. A.C., México.
- [40] D. d. Tecnología, «Materiales de uso técnico, Los Plásticos,» *IES Yaiza*, 2015.
- [41] Universidad Politécnica de Valencia, «Curso de Fundamentos de Ciencia de Materiales,» [En línea]. Available: <https://www.upv.es>. [Último acceso: 16 3 2020].
- [42] TecnoEdu, «Técnicas del trabajo con plásticos,» 2013. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/edutecnolog/home/tecnicas-del-trabajo-con-plasticos>. [Último acceso: 21 12 2019].

- [43] F. Díaz del Castillo, «Lecturas De Ingeniería 21. Conformado De Materiales Plásticos Conformado De Materiales Plásticos,» Universidad Nacional Autónoma De México, México, 2012.
- [44] Mariano, «Tecnología de los Plásticos,» [En línea]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/extrusion-soplado.html>. [Último acceso: 22 2 2020].
- [45] M. Beltrán Rico y A. Marcilla Gomis, Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades, España: Universidad de Alicante servicio de publicaciones, 2012.
- [46] R. Prada Ospina y J. Acosta Prado, «El Moldeo En El Proceso De Inyección De Plásticos Para El Logro De Objetivos Empresariales,» *Dimensión Empresarial*, pp. 157-168, 2017.
- [47] M. Caballero Águila, Manual de inyección de plásticos. Ciclo de Operaciones y Transformación de Plásticos y Caucho, España: Junta de Andalucía, 2010.
- [48] D. Gutiérrez García y C. Oñate Longoni, «Sistema De Inyección Con Colada Caliente Aplicado En La Industria Del Plástico Como Herramienta De Competitividad,» Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo, México, 2006.
- [49] J. Lerma, «Interempresas,» departamento técnico de Biesterfeld Ibérica, 11 7 2016. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/159596-El-mecanismo-del-husillo.html>. [Último acceso: 24 2 2020].
- [50] T. d. Producción, «Estructura Y La Clasificación Del Manual De La Tecnología De Producción Del CIQA,» México, 2012.
- [51] D. Martínez Escobar, «Diseño De Un Molde De Inyección De Plástico-Polipropileno Para La Fabricación De Un Comedero Para Perros,» Fundación Universidad De América, Colombia, 2017.
- [52] J. Melchor Leal, «Estudio De Recubrimientos Y Tratamientos De Superficie De Nueva Generación Para Optimizar La Vida Útil De Moldes De Inyección De Polímeros Que Usan La Resina Noryl,» CIATEQ, México, 2014.
- [53] F. Rojas Pérez, F. Ávila Delgado y I. De Luna Zamora, «Análisis comparativo entre los aceros AISI 1020 y 4130 del chasis de los automóviles Baja-SAE,» *Revista Ingeniantes*, vol. 2, nº 1, p. 118, 2.
- [54] J. Hernández Matías, Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación, Madrid, 2013.
- [55] J. Arrieta Posada, «Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo,» *tecnura*, vol. 10, nº 20, pp. 139-148, 2007.
- [56] J. Herrera Beurnio, «Diseño De Un Plan De Mejora Mediante Las Metodologías 5s Y Smed Para Una Línea De Mecanizado,» Universidad de Sevilla, España, 2012.
- [57] F. Espin Carbonell, «Técnica Smed. Reducción Deltiempo Preparación,» *3ciencias*, pp. 7-8, 2013.
- [58] J. Villanueva Castrillón y I. del Vigo García, «Reducción de tiempos de fabricación con el sistema SMED,» *Técnica Industrial*, pp. 35-41, 2009.
- [59] J. Olascoaga, «Juan Olascoaga,» 21 3 2014. [En línea]. Available: <http://olascoagajuan.blogspot.com/2014/03/smed-una-buena-manera-de-empezar-un.html>. [Último acceso: 21 11 2019].

- [60] O. Minor López, «Aplicación De La Metodología Smed En Una Linea De Empaque De Farmacos,» Universidad Nacional Autónoma De México, México, 2014.
- [61] F. Puerta Restrepo, «Métodos, tiempos y cursogramas,» Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 1979.
- [62] Conduce Tu Empresa;, «Ingeniería de calidad,» [En línea]. Available: <https://www.ingeneriadecalidad.com/2018/10/implementacion-de-smed-como-reducir.html>. [Último acceso: 21 02 2020].
- [63] M. M. Grover, «Ingeniería de métodos. Estudio de tiempos,» Universidad Loyola, Bolivia, 2016.