

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD
DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE
TERMOFORMADO DE ENVASES DESECHABLES DE PLÁSTICO**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADA POR

**BACH. GARCÍA MORENO, JOSHUA GABRIEL
BACH. TRISOLLINI GAGLIARDI, GINO GIACOMO**

ASESOR: MG. RIVERA LYNCH, CÉSAR ARMANDO

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de titulación a mis padres, a mis abuelos, a mis tíos, a mis padrinos, a mis profesores y amigos de la universidad, y a todos mis seres queridos quienes son una parte muy especial de mi vida y me enseñaron a perseverar hasta lograr mis metas e infundieron sus conocimientos en mí.

Gino Trisollini Gagliardi

Dedico esta tesis a mi madre y hermana, quienes siempre me han apoyado en todos los aspectos de mi vida, a mi mejor amigo Luis Castañeda, que, sin él, no hubiera podido realizar la presente.

Joshua García Moreno

AGRADECIMIENTO

Un sincero agradecimiento a nuestra alma máter por los conocimientos impartidos en esta carrera tan prodigiosa y a todos aquellos que, de alguna manera, nos apoyaron en el planteamiento y la redacción de esta tesis de titulación que nos dieron el aliento para cumplir nuestras metas, agradecemos a nuestros profesores y familiares.

Gino Trisollini y Joshua García

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos	3
1.2. Formulación del problema general y específicos.....	6
1.3. Objetivos del estudio.....	7
1.4. Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática	7
1.5. Importancia y justificación del estudio	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1. Marco histórico	11
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema	17
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.	22
2.4. Definición de términos básicos	41
2.5. Fundamentos teóricos que sustenta las hipótesis	45
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	46
3.1. Hipótesis.....	46
3.2. Variables	46
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
4.1. Enfoque, tipo y nivel de la investigación	48
4.2. Diseño de la investigación	49
4.3. Población y muestra	50
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	54
4.5. Procedimientos para la recolección de datos	59
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	60
5.1. Presentación de resultados	60
5.2. Análisis de resultados.....	74
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

ANEXOS	97
Anexo 01: Matriz de Consistencia	97
Anexo 02: Matriz de Operacionalización de las Variables Independientes.....	98
Anexo 03. Fotos de los moldes del área de vasos y envases.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Procedimiento de cambio de molde.....	4
Tabla 02. Hoja de medición de tiempos para el trabajo estándar.	37
Tabla 03. Hoja de capacidad de operación	38
Tabla 04. Cuadro combinado de operaciones estandarizadas.....	39
Tabla 05. Trabajo estándar.....	40
Tabla 06. Instrucciones de operación.	41
Tabla 07. Cuadro de Población y Muestra.....	52
Tabla 08. Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos.	58
Tabla 09. Procedimientos de Análisis.....	59
Tabla 10. Periodos de muestreo	61
Tabla 11. Muestra pre mejora para el tiempo de cambio de molde.....	62
Tabla 12. Muestra post mejora para el tiempo de cambio de molde.	65
Tabla 13. Muestra pre mejora para el procedimiento del cambio de molde.....	66
Tabla 14. Muestra post mejora para el procedimiento del cambio de molde.	68
Tabla 15. Muestra pre mejora para el tiempo de transporte de molde.....	69
Tabla 16. Muestra post mejora para el tiempo de transporte del molde.	72
Tabla 17. Cuadro de resumen de la investigación.	73
Tabla 18. Cuadro de resumen de resultados.	73
Tabla 19. Datos de muestra pre test desde agosto a octubre del 2019.....	76
Tabla 20. Datos de muestra post test desde diciembre del 2019 a febrero del 2020.	76
Tabla 21. Pruebas de normalidad.....	77
Tabla 22. Resultado de prueba de hipótesis.....	78
Tabla 23. Resultados descriptivos de muestras pre test y post test.....	79
Tabla 24. Datos de muestra pre test desde agosto a octubre del 2019.....	80
Tabla 25. Datos de muestra post test desde diciembre de 2019 a febrero del 2020.	80
Tabla 26. Resultado de la prueba de normalidad.....	81
Tabla 27. Resultado de prueba de hipótesis.....	83
Tabla 28. Resultados descriptivos de muestras pre test y post test.....	84
Tabla 29. Datos de muestra pre test tomados desde agosto a octubre del 2019	85
Tabla 30. Datos de muestra post test desde diciembre del 2019 a febrero del 2020.	85
Tabla 31. Resultado de prueba de normalidad.....	86
Tabla 32. Estadísticos descriptivos para las muestras pre test y post test	88

Tabla 33. Resumen de la prueba de hipótesis.....	88
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Diagrama de Ishikawa sobre el tiempo de cambio de molde.....	6
Figura 02. Mapa Conceptual del SMED.....	12
Figura 03. Interpretación del concepto SMED.....	14
Figura 04. Interpretación del concepto SMED.....	16
Figura 05. Diagrama de las fases del SMED según Santos (2010).	24
Figura 06. Diagrama de las fases del SMED según Shigeo Shingo (1989).....	26
Figura 07. Esquema de un dispositivo intermedio.....	31
Figura 08. Sistema LCM: 5 interruptores reemplazando el sistema de un solo interruptor para indicar la posición de la longitud de los ejes a mecanizar.	34
Figura 09. Flujograma para aplicar las 8 técnicas de SMED.....	35
Figura 10. Tiempo total de cambio de serie.....	44
Figura 11. Fundamentos Teóricos que sustentan el sistema SMED.....	45
Figura 12. Diagrama de Pareto sobre la selección de la muestra de acuerdo con el volumen de producción.....	51
Figura 13. Diagrama de proceso del SMED.	63
Figura 14. Diagrama del ciclo de Deming para el trabajo estandarizado.	67
Figura 15. Diagrama de Spaghetti del área de vasos y envases.....	71
Figura 16. Esquema de productividad.	89
Figura 17. Foto referencial del molde de envase de 8oz.	99
Figura 18. Foto referencial del molde del vaso de 07 oz.....	99
Figura 19. Foto referencial del molde de envase 06 oz.	100

RESUMEN

La presente tesis es un estudio sobre cómo aumentar la productividad al reducir los tiempos de las actividades que conforman el proceso de cambio de molde de una empresa termoformadora de envases de plástico para aumentar el tiempo productivo dentro de cada turno haciendo uso de la metodología SMED cuyas siglas en inglés significan “Single Minute Exchange of Die” y que, en español, quiere decir cambio de matriz en menos de 10 minutos, ya que el problema era que dicho proceso de cambio de molde tardaba unas 3.25 horas de las 8 horas disponibles en cada turno ya sea mañana, tarde o noche, lo cual representa un 40% del tiempo disponible del turno. Para ello, lo primero que se realizó fue determinar el proceso que sigue la empresa para sus cambios de molde. Esto se consiguió a partir de la observación directa haciendo una toma de tiempos de cada una de las actividades que lo conforman y se examinó la información de dicho proceso para realizar un estudio sobre los posibles cuellos de botella existentes. Aquí, cabe resaltar, que se analizó la manera en la que los operarios realizaban el proceso de cambio de molde y se determinó que, en primera instancia, no aplicaban ninguna metodología ya que se tardaban demasiado en cada paso y no sincronizaban sus tareas. Por último, se realizó un estudio acerca del recorrido que seguía el montacargas, desde que recoge el molde en el almacén hasta la máquina. Una vez se tuvo registrada al detalle toda la información requerida, se procedió a plantear las mejoras requeridas con base en el sistema SMED, por lo que se requirió un equipo de trabajo para su implementación y la colaboración de los operarios, quienes son parte vital de este proceso.

Después de la aplicación del SMED, se muestra con datos estadísticos como esta metodología ha contribuido a la reducción de los tiempos de las actividades del cambio de molde aumentando así el tiempo productivo del área de producción de la empresa.

Palabras clave: *Single Minute Exchange of Die, SMED, productividad, tiempo de cambio de molde, trabajo estandarizado, spaghetti chart, ingeniería industrial.*

ABSTRACT

This thesis is a study on how to increase productivity by reducing the times of the activities that make up the exchange of die process of a plastic container thermoforming company to increase the productive time within each shift using the SMED methodology whose acronym means “Single Minute Exchange of Die” or, in other words, change of die in less than 10 minutes, since the problem was that said process of change of mold took about 3.25 hours of the 8 hours available in each shift, be it morning, afternoon or night, which represents 40% of the available shift time. To do this, the first step to take was to determine the process followed for its exchange of dies. This was achieved thanks to direct observation by taking a time record of each of the activities that comprise it and the information from said process was examined to carry out a study on possible existing bottlenecks. Here, it should be noted that the way in which the operators carried out the exchange of die process was analyzed and it was determined that, in the first instance, they did not apply any methodology since they took too long in each step and did not synchronize their tasks. Finally, a study was carried out on the route that the forklift followed, from when it picks up the die in the warehouse to the machine. Once all the required information had been recorded in detail, we proceeded to propose the required improvements based on the SMED system, for which a work team was required for its implementation and the collaboration of the operators, who are a vital part of this process.

After the application of the SMED, it is shown with statistical data how this methodology has contributed to the reduction of the times of the exchange of die activities, thus increasing the productive time of the production area of the company.

Keywords: Single Minute Exchange of Die, SMED, productivity, time of exchange of die, standardized work, spaghetti chart, industrial engineering.

INTRODUCCIÓN

En estos tiempos, en los que, los clientes demandan distintos tipos de productos de acuerdo a sus necesidades, es decir, debido a la alta personalización de dichos productos y a que ya no son tan demandados los productos tan estandarizados con el mismo diseño, las empresas manufactureras se han visto en la necesidad de recurrir a métodos de fabricación de productos que permitan variar su tamaño y diseño de una manera más eficiente, ahorrando tiempo en cambiar las matrices o moldes que los producen y con volúmenes de producción pequeños que no dejen grandes excesos de inventario para que sea rentable y viable el rediseño del producto por la cambiante demanda de los clientes en menores lapsos de tiempo.

Las termoformadoras son máquinas que fueron diseñadas para la elaboración de productos a base de plástico, siguiendo el proceso de termoformado. Este proceso consiste en introducir una lámina de plástico en la máquina para “reformularlo” mediante la aplicación de calor en un horno alrededor de dicha lámina para ser moldeado por la prensa que contiene el molde que le dará la forma deseada. El diseño del producto va a depender de lo que se quiera obtener a partir de los moldes que se dispongan.

En el capítulo I, se comienza describiendo la problemática a resolver, que en este caso es el tiempo excesivo en su proceso de cambio de molde de sus máquinas termoformadoras. Para resolver este problema, se hizo uso de la metodología SMED para rediseñar el proceso de cambio de molde y optimizarlo de tal forma que el tiempo empleado para intercambiar moldes sea el menor posible, dejando más tiempo dentro del turno para que la empresa termoforme sus productos de acuerdo con los pedidos de los clientes, además, se describen las delimitaciones espacial, temporal y teórica.

En el capítulo II, se profundizó en el tema presentando los antecedentes de la metodología SMED, desde su invención y cómo ha sido aplicada por diversos investigadores a través del tiempo y alrededor del mundo para mejorar los procesos de cambio de molde en las compañías que trabajan con moldes.

En el capítulo III, se plantearon las hipótesis, tanto general como específicas, las variables dependientes e independientes y los indicadores que se emplearon. Se planteó la investigación alrededor de 3 aspectos que se consideraron ya que el SMED es una de las

herramientas que forman parte del Lean Manufacturing para reducir tiempos en los procesos, es por esto por lo que se definieron estos 3 aspectos como actividades internas y externas del SMED para el tiempo de cambio de molde, el trabajo estandarizado para el procedimiento de cambio de molde y el Spaghetti Chart para el tiempo de transporte del molde.

En el capítulo IV, se detalla la metodología utilizada para la reducción del tiempo del proceso de cambio de molde, se determinó la población y la muestra de los moldes empleados en este estudio, así como las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de datos. Las muestras son los cambios de molde realizados una vez por semana durante 6 meses entre los 10 moldes más usados en la planta cambiados entre 3 máquinas termoformadoras de la marca Fortune modelo 800.

En el capítulo V, se presentan resultados obtenidos del capítulo anterior, en donde se demuestra con respaldo de cálculos estadísticos que, aplicando la metodología SMED, se reduce el tiempo del proceso de cambio de molde y, por ende, se aumenta la productividad al tener más tiempo disponible para producir activamente dentro del tiempo de turno.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos

En esta sección, se observa el problema que aqueja a la empresa en temas del tiempo ocupado por este proceso en relación con el tiempo disponible en el turno.

- Descripción del Problema

El presente trabajo toma a una empresa de termoformado de envases desechables de plástico, la cual ya lleva más de veinticinco años en el mercado de su rubro contando con una extensa lista de productos hechos a la medida y personalizables para satisfacer los gustos en los pedidos de sus clientes; debido a que, es una empresa grande y, del mismo modo, el tamaño de sus lotes, se requiere un alto nivel de control de calidad y operaciones para garantizar la efectividad, productividad y rentabilidad de sus productos aprovechando sus recursos disponibles.

La empresa dispone de un área de fabricación de planchas de plástico que sirven para armar cajas de plástico para transportar verduras frescas, un área de impresión de recipientes descartables para imprimir diseños de frutas, de fiesta, de marcas de empresas de alimentos en ellos; y, un área de recipientes descartables que cuenta, a su vez, con otras subáreas: envases y vasos para alimentos fríos, platos y tapas, cubiertos, vasos para bebidas calientes y cajas de tecnopor para pollería. Dentro de estas subáreas, se tienen máquinas termoformadoras, las cuales, para producir un producto diferente cada vez que se requiera según el plan de producción, se necesita cambiar el molde para producir sus productos.

En el caso del área de envases y vasos, se observa que, el tiempo para cambiar dicha matriz es, en promedio, cuatro (04) horas en las máquinas que solo requieren cambio de molde y, seis (06) horas en las otras áreas, en las que se requieren además del cambio de molde otros accesorios complementarios como troqueladoras que se utilizan en una máquina anexada y alineada a la termoformadora o, un piquete, en el caso de tapas de vasos que según diseño se utiliza para poner una caña.

Dicho tiempo de cambio de molde, comparado con el tiempo disponible en el turno, ya sea de día o de noche, de ocho (08) horas, sin contar con las cuatro (04) horas disponibles de horas extra, es demasiado largo, comprometiendo, de esta manera, el tiempo disponible para producir en dicha máquina, lo cual, impacta en la productividad, ya que, si no se está produciendo, se incurriría en despilfarros de electricidad y mano de obra si los colaboradores encargados de dichas labores de producción no están realizando un trabajo activo que agregue valor al producto directa o indirectamente.

Esto impacta directamente en la productividad, ya que hay tener menos tiempo, se produce menos y esto también significa que la capacidad instalada se ve disminuida por estos altos tiempos de cambio de molde.

Las causas de este problema, es decir, las demoras en el cambio de molde, mencionado anteriormente se pueden enlistar a partir de cada actividad realizada en el Procedimiento de Cambio de Molde (PCM) redactado, aprobado y avalado por la misma empresa y presentado en la tabla 01.

Tabla 01. Procedimiento de cambio de molde

N.º	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PROBLEMA
01	Revisión de programa de producción	Revisar el programa de producción semanal de su respectiva área.	Demora en el tiempo de solicitud.
02	Verificar operatividad del molde	Verificar si el molde está funcionando correctamente, consultar al jefe de área o encargado de turno.	Se hace esta operación cuando la máquina ya está parada.
03	Orden de trabajo para revisión de molde	En caso el molde no se encuentre operativo, realizar una orden de trabajo para que el área de mantenimiento pueda revisar el molde.	Se hace esta operación cuando la máquina ya está parada.
04	Entrega de molde reparado	El área de mantenimiento entrega el molde revisado y reparado al área respectiva que el molde pertenece.	Se hace esta operación cuando la máquina ya está parada.
05	Verificar recursos	Revisar y asegurar todos los recursos necesarios para el cambio de molde como herramientas, equipos, personal, etc.	El montacargas demora en ser reservado para dicho proceso.

06	Culminar la producción actual	Se debe esperar a que la bobina actual se termine por completo en la respectiva máquina a realizar el proceso de cambio de molde.	La bobina se deja corriendo a pesar de que haya acabado el proceso, no hay control.
07	Desmontaje de molde	Se procede a desmontar el molde con ayuda del montacargas y la guía del responsable de montaje para realizar una eficaz labor en coordinación.	No se cuentan con las herramientas necesarias para hacer este procedimiento rápido y seguro como con un carrito de rodillos con rodamientos o un set de herramientas para cada agente involucrado.
08	Montaje de molde	Se realiza el montaje del molde con ayuda del montacargas y la guía del responsable de montaje para realizar una óptima labor.	Se cuentan con herramientas y métodos improvisados, inseguros e ineficientes.
09	Arranque de máquina	Se procede a encender el horno, después de realizar las pruebas manuales de máquina como revisión de mangueras, corte de producto, movimientos de máquina, etc.	Demoran demasiado en comprobar los sistemas, se necesita un proceso estándar específicamente para esta fase.
10	Modificación de parámetros	Se modifican los parámetros según a los estándares aprobados por cada máquina según el producto, hasta que se normalice la producción.	Se demora en hacer la calibración, se debería contar con una plantilla para cada molde.
11	Inicio de producción	Sale el primer producto bueno y se inicia la producción según la programación semanal.	N/A
12	Llenado de <i>check-list</i>	Se rellena con toda la información del proceso de cambio de molde en el formato de <i>check-list</i> de las actividades de este proceso.	N/A
13	Limpieza y orden en zona de trabajo	Limpiar y ordenar toda el área después del proceso de cambio de molde con ayuda de los operarios.	N/A
14	Verificar condiciones del molde	Revisar el molde y verificar si necesita mantenimiento o reparación para su correcto funcionamiento a futuro.	N/A
15	Traslado de molde hacia almacén de moldes	Se traslada el molde hacia el almacén de moldes de la respectiva área donde se realizó el proceso de cambio de molde.	La ruta no es eficiente.

Fuente: Empresa de termoformado de envases desechables de plástico.

Para determinar las causas raíz de la demora en el tiempo de cambio de molde, se hizo uso de una herramienta esencial de la ingeniería industrial, el diagrama de Ishikawa, con el fin de definir los problemas específicos al tomar en cuenta las causas raíz deducidas del problema general presentado en la figura 01.

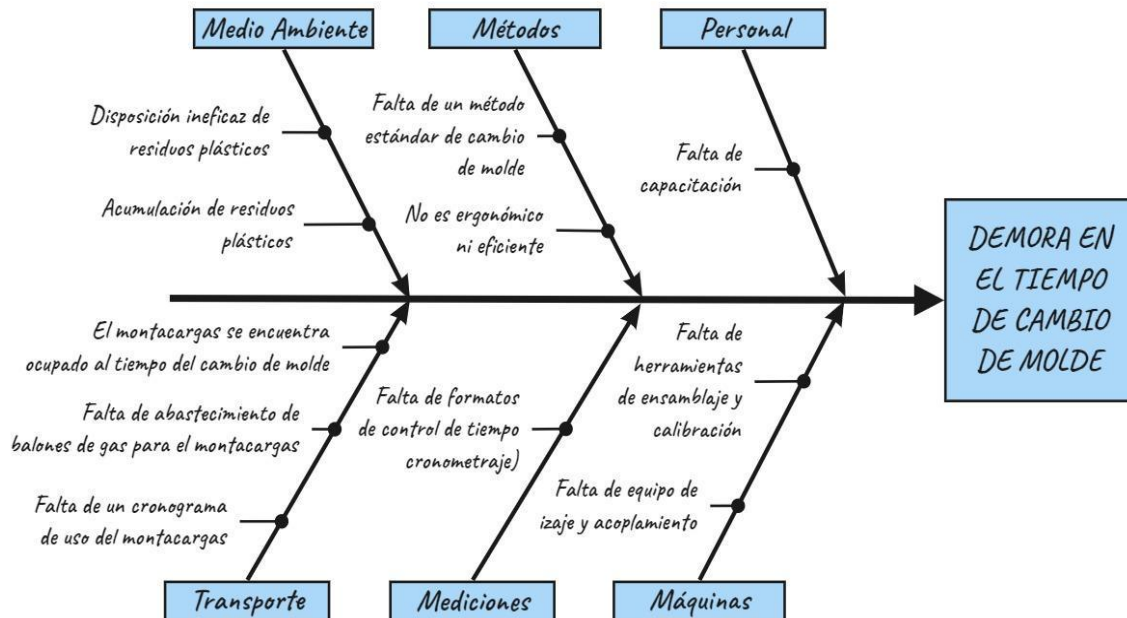


Figura 01. Diagrama de Ishikawa sobre el tiempo de cambio de molde.

Fuente: Elaboración propia en el software Minitab.

Debido a que se toma mucho tiempo en realizar el cambio de matriz de la máquina por varios factores, se optó por emplear la metodología SMED para reducir dicho tiempo de tal manera que se puedan realizar otras actividades que puedan agregar valor al proceso y así conseguir aumentar la productividad, esto es, tener la oportunidad de disponer de ese tiempo ahorrado en el cambio de molde para poder producir cuando haga falta, esto, del mismo modo, también aumenta la capacidad instalada de la planta.

1.2. Formulación del problema general y específicos

- Problema general

¿Cómo mejorar la productividad del área de producción en la empresa de termoformado de envases desechables de plástico?

- Problemas específicos
 - a) ¿Cómo reducir el tiempo del cambio de moldes y accesorios?
 - b) ¿Cómo mejorar el procedimiento del cambio de moldes?
 - c) ¿Cómo mejorar los tiempos de transporte?

1.3. Objetivos del estudio

- Objetivo general

Aplicar la Metodología SMED para mejorar la productividad en la empresa de termoformado de envases desechables de plástico.
- Objetivos específicos
 - a) Identificar y racionalizar las actividades internas y externas para reducir los tiempos de cambio de moldes y accesorios.
 - b) Implementar el trabajo estandarizado para mejorar el procedimiento de cambio de moldes.
 - c) Implementar el Spaghetti Chart para mejorar los tiempos de recorrido.

1.4. Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática

- Delimitación Espacial

La delimitación se centra en el área de producción de una empresa de termoformado de envases desechables de plástico ubicada en el distrito de Lurín, Lima - Perú.
- Delimitación Temporal

El periodo de estudio que demandará la presente investigación comprende desde agosto del 2019 hasta febrero del 2020.

- Delimitación Teórica

La investigación se centra en aplicar la metodología SMED para mejorar la productividad en el área de producción de una empresa de termoformado de envases desechables de plástico.

1.5. Importancia y justificación del estudio

- Importancia

“Se define la investigación como una actividad encaminada a la solución de problemas. Su objetivo consiste en hallar respuestas a preguntas mediante el empleo de procesos científicos.” Cerro et Bervian (1989) (41 p)

La importancia del estudio es que la metodología SMED es una herramienta del Lean Manufacturing que nos permite reducir el tiempo de cambio de molde para aumentar el tiempo productivo el cual es el tiempo en el que se manufacturan productos.

De acuerdo con la fórmula de productividad, si aumentan las salidas y las entradas permanecen constantes, entonces se está hablando de un aumento en el indicador de productividad ya que se incrementa el tiempo productivo con respecto al tiempo disponible de producción.

El tiempo disponible de producción es la suma del tiempo improductivo y el tiempo productivo, este tiempo disponible permanece constante al aumentar el tiempo productivo en la misma cantidad como disminuye el tiempo improductivo.

La aplicación del sistema SMED para aumentar la productividad eliminando cuellos de botella en el área de producción de las empresas que están en etapa de surgimiento es de vital importancia en el diseño de sus procesos de producción, ya que buscan la automatización y la implementación de diversas metodologías para llevar a cabo sus operaciones de producción de manera efectiva y ordenada. Un factor muy importante para que estas puedan ser competitivas ante otras empresas del mismo rubro es que puedan atender las demandas de sus clientes, ofreciendo productos personalizables, de buena calidad y en el tiempo establecido.

En conclusión, la importancia de aplicar el sistema SMED, es la reducción, e incluso eliminación de los cuellos de botella en los procesos de producción, y por ende, el aumento de la productividad.

- Justificación práctica

“La investigación gira en torno a fenómenos observados en alguna institución y el investigador buscará darle una solución práctica a través del estudio, vinculando de esta manera el ámbito laboral y la investigación académica.” Méndez (2011)

Aplicando la metodología SMED se conseguirá aumentar la productividad en el área de producción de la empresa de termoformado de envases desechables de plástico, dado que, se reducirá en gran medida el tiempo que se emplea en los cambios de moldes, debido a que estos toman aproximadamente entre 4 a 6 horas para su reemplazo, lo que conlleva a que se pierda gran parte de la jornada laboral, perdiendo así competitividad ante otras empresas del mismo rubro.

- Justificación económica

Tamayo y Tamayo (1999) “Algunas investigaciones de carácter práctico están orientadas a que algún producto derivado de la misma pueda ser comercializable o ayude a incrementar las ganancias de una empresa.”

Dado a que se reducirán los tiempos de cambio de moldes, esto conllevará a que aumente la productividad y reducción en los costos de producción debido a que, se empleará mejor el tiempo y se conseguirá cumplir los planes de producción, por lo que no será necesario realizar horas extras para poder cumplir con la demanda establecida.

- Justificación social

Arias (2012) “Toda investigación debe tener cierta relevancia social, logrando ser trascendente para la sociedad y denotando alcance o proyección social.”

En cuanto a los trabajadores de la empresa, la aplicación de esta metodología les será de mucha ayuda en el proceso de cambio de matriz, debido a que se les

brindará un procedimiento específico a seguir y las herramientas necesarias para así facilitarles el trabajo y empleen menos tiempo en su ejecución.

- Justificación teórica

Bernal (2010) y Blanco et Villalpando (2012) “Una investigación presenta justificación de este tipo cuando el propósito del estudio es el de generar reflexión y discusión académica sobre un conocimiento existente, confrontando la teoría, contrastando resultados o generando epistemología.”

El estudio es de suma importancia debido a que hay muchas empresas que no pueden ser competitivas ante otras del mismo rubro debido a que están estancadas empleando estrategias y/o metodologías obsoletas, por lo que, para la empresa, la innovación al emplear nueva metodología, como la SMED para mejorar su productividad en los cambios de referencia será de gran significancia dado a que se demostrará que al emplearla, habrán grandes cambios significativos tanto en la reducción de sus tiempos de cambio de moldes, costes y aumento de valor hacia el cliente al proporcionarle lo demandado por este en los tiempos previstos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

Shigeo Shingo (1983), en su libro “A Revolution in Manufacturing: The SMED System” relata que el nacimiento de la metodología SMED se basa en un estudio de eficiencia que se llevó a cabo en la planta “Toyo Kogyo’s Mazda” en Hiroshima en el año 1950. En dicha planta, se producían vehículos de tres ruedas y en el proceso de manufactura, se utilizaban prensas de 820, 770 y 355 toneladas métricas, todas trabajando muy por debajo de su capacidad instalada, y de esta forma, el dueño de la empresa definió esa situación problemática, es por esto por lo que se puso en contacto con el afamado ingeniero mecánico, Shigeo Shingo.

El dueño de la fábrica quería eliminar los cuellos de botella ocasionados por las prensas de moldeado, él estaba totalmente convencido de que las prensas causaban los cuellos de botella, ya que, aunque se asignara a los trabajadores más eficientes a dicha etapa del proceso de manufactura y aprovechando todo el tiempo disponible en el turno no podían llegar al resultado esperado y llegó a la conclusión de que la única opción que consideraba factible era la adquisición de maquinaria más moderna.

Shingo le pidió al dueño de la empresa una semana para estudiar más profundamente la situación en la planta, tomando la responsabilidad de notificar a la gerencia la necesidad de comprar nuevas maquinarias si no encontraba solución. Al tercer día de su visita pudo presenciar uno de los primeros cambios de herramientas en una de las prensas de 820 toneladas.

Cuando los operadores sacaron el primer molde de la prensa, Shingo notó la demora de los operadores en el proceso de cambio de molde. Luego de preguntarle a uno de los operadores el motivo por el cual no habían colocado el segundo molde aún, estos le responden que uno de los tornillos de anclaje se había perdido, y era por ello por lo que no podían finalizar el cambio.

Los operarios se tardaron casi una hora en hallar una solución a dicho problema al extraer un tornillo similar de la prensa contigua que no estaba en operación, y dicho tornillo fue adaptado a la medida para que se requería en el herramental que querían ensamblar. Consecuentemente Shingo reflexionó sobre lo que ocurriría cuando

quisieran ensamblar el herramental del cual se habría extraído el tornillo, siendo que, el tornillo extraído ya había sido modificado para reemplazar el tornillo faltante en el cambio que presencié.

Es ahí cuando Shigeo cae en cuenta de que las actividades en el cambio de serie pueden dividirse en 2 grupos:

- Internal set up (Actividades de preparación internas):

El montaje de la matriz en la prensa o sacar los tornillos de anclaje. Estas actividades pueden ser realizadas solo cuando la maquina está parada.

- External set up (Actividades de preparación externas):

Transportar el molde que se terminó de usar al almacén o traer el molde a montar cerca de la prensa. Estas actividades pueden ser realizadas con la maquina en marcha.

De ahí es que se puede esquematizar de manera eficiente el punto clave del proceso en la figura 02, las actividades internas y externas.

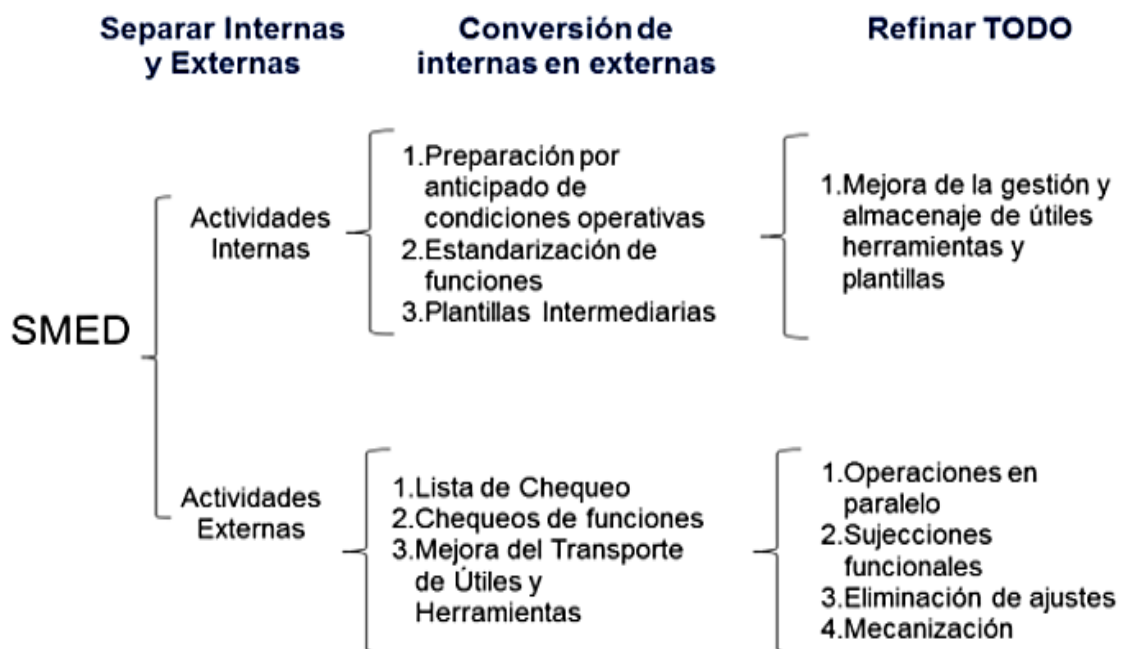


Figura 02. Mapa Conceptual del SMED.

Fuente: Revista Arrizabalagauriarte Consulting.

En consecuencia, preparar los tornillos de anclaje, era una operación externa. Shingo consideró que era una falta completa de sentido común parar la operación de la prensa por la falta de un tornillo de anclaje para el cambio de molde, por lo que considera crear un procedimiento para las actividades externas.

Shingo creó un procedimiento en el que se separaron todos los tornillos de anclaje y agruparon en cajas según el molde al que pertenecen. También se mejoró todo el proceso de cambio externalizando toda actividad de internal setup que fuera posible. Esto causó que la eficiencia aumentara en un 50% y el cuello de botella finalmente fue eliminado.

A continuación, se hace la comparación con la siguiente obra maestra del ingeniero mecánico japonés Shigeo Shingo de 1989, Sistema de Producción Toyota, posteriormente conocido como Just in Time (JIT), una joya de la Ingeniería Industrial.

- Origen de la terminología

En el año de 1969 el ingeniero Shingo visitó el taller de carrocería en la planta principal de Toyota. Sugiura, el coordinador de la división le mencionó que tenían prensas cuyos moldes de 1000 toneladas en el cambio de un molde a otro se demoraban 4 horas. La empresa Volkswagen en Alemania la cual poseía prensas similares realizaba el cambio de molde en menos de dos horas y el coordinador le dio indicaciones precisas al ingeniero Shingo de cómo mejorar ese tiempo.

El ingeniero Shingo de la mano del coordinador de planta y algunos operarios comenzaron a realizar el estudio, en dicho estudio fue particularmente difícil distinguir entre las tareas internas y externas, buscando mejorar cada una de ellas por separado. Al cabo de 6 meses de estudio finalmente lograron reducir el tiempo cambio de molde de 4 horas a 90 minutos.

Cuando el ingeniero Shingo visitó el taller de carrocería un mes después, el coordinador de la división había sido encargado de reducir el tiempo de cambio de molde a 3 minutos o menos. Anonadado frente a este nuevo desafío, frente a esto, el ingeniero Shingo ideó la forma de convertir las tareas internas en externas,

y con el fin de aterrizar sus ideas, se encerró en la sala de conferencias para escribir en un pizarrón 9 formas con las que reduciría el tiempo de set up.

Aplicando el novedoso concepto de externalizar las tareas internas que trajo consigo, luego de 3 meses de mucho esfuerzo, se logró disminuir el tiempo de setup a 3 minutos.

Con la idea de que el setup pudiese realizarse en menos de 10 minutos, Shingo llamó a este concepto “Single minute Exchange of Die” SMED, que en castellano podría ser traducido como “Cambio de herramental en menos de 10 minutos” así como se puede observar en la figura 03.



Figura 03. Interpretación del concepto SMED

Fuente: Revolución SMED por Shigeo Shingo (1983)

Posteriormente el SMED fue adoptado en todas las plantas de Toyota y evolucionó a lo largo del tiempo como uno de los principales métodos del “Toyota Production System”. Su uso se fue extendiendo paulatinamente en diferentes compañías en Japón y en el resto del mundo.

“Para hacer el SMED una realidad en el espacio de trabajo, simplemente debe demostrar sus métodos básicos a los trabajadores y dejarlos empezar una revolución SMED” Shingo (1983) 52p

- Productividad

Aunque en la actualidad se habla mucho sobre productividad, en realidad son muy pocos los que conocen su significado y menos aún podrían saber cómo medirla para poder mejorarla.

En un mundo globalizado, donde la competitividad se ha convertido en la mayor directriz estratégica, muchas compañías se esfuerzan por aumentar sus ventas, disminuir sus costos y mejorar su imagen, pero son pocas las que realmente están logrando resultados tangibles y cuantificables.

- Modelo de productividad

En toda actividad empresarial, sea una compañía de transformación de materia prima o de servicios, se cuenta con una serie recursos que se resumen en cinco grandes grupos básicos: los materiales, las maquinas, la mano de obra, los métodos y el medio ambiente. Muchos autores han coincidido en referirse a ellos como las 5 M.

Es de vital importancia enfatizar que las diferencias en dichos grupos son muy marcadas ya que representan distintos campos de estudio, sin embargo, tienen en común un factor inherente a todos ellos, y este es el dinero. Es evidente que todo campo de estudio aplicado al desarrollo de las compañías en materia de dichos recursos empleados implica un costo monetario, ya que muchas compañías con problemas de liquidez tienden a querer aminorar dicho costo reduciendo los recursos empleados en cada una de las categorías de las 5 M: despidiendo personal, reduciendo la calidad de los materiales, el mantenimiento de la maquinaria, la calidad del trabajo y descuidando el medio ambiente.

Por el contrario, es muy sabido que dichas irresponsables y desesperadas reducciones en las 5 M mostradas en la figura 04 solo producen un impacto negativo inmediato en los resultados, ya que no resuelven el problema a mediano y largo plazo. Haciendo alusión a que la mayor fuente de pérdidas en los procesos son las mermas, estos no se resuelven simplemente despidiendo personal; por el contrario, muchas veces dicha acción genera nuevas mermas incrementando así los costos en cada escenario.



Figura 04. Interpretación del concepto SMED

Fuente: Revolución SMED por Shigeo Shingo (1983)

Al seguir la cadena de valor, dentro de la compañía, estas 5 M, dígame, todos los recursos que entran al proceso se combinan y son transformados en productos o servicios mediante el uso de determinados procesos. Dichos procesos deberían ser estandarizados por medio de parámetros específicos que describan claramente la forma de obtener el desempeño deseado de cada proceso, permitiendo así el control de dichos procesos.

Como resultado de los procesos se generan varias salidas, es decir, los productos que se elaboran, la calidad de estos, su costo, el tiempo necesario para elaborarlos, los accidentes o incidentes que ocurren como consecuencia de los procesos, la motivación de las personas, así como el impacto de los procesos en el medio ambiente.

La relación entre dichas salidas y los recursos que ingresan es lo que se conoce como productividad. La mejora de la productividad es la obtención de mejores resultados de un proceso. Es decir, hacer más con menos, de esta manera, se evidencia de manera cuantificable la importancia de dichos procesos en la productividad y, por ende, la efectividad de la implementación de la metodología Lean Manufacturing.

La productividad, como se sabe, es la relación entre los resultados y los recursos, de esta manera, los procesos transforman los recursos en resultados. Es aquí donde se demuestra la importancia del dominio de los procesos, tomando en cuenta que el logro ese dominio implica conocerlos, controlarlos y mejorarlos.

A continuación, se define de manera cuantificable la fórmula de la productividad.

$$Productividad = \frac{salidas}{entradas}$$

En esta fórmula, las salidas corresponden a los tiempos netos de producción y las entradas, al uso de recursos. La productividad es un indicador importante y se debe medir constantemente para conocer el estado de las mejoras en tiempo real.

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

A continuación, se presentan 3 tesis nacionales y 2 internacionales que sirven de antecedentes teóricos para la investigación de esta tesis.

1. Nole (2017) en su tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial “Aplicación de la Metodología SMED para incrementar la productividad en los cambios de formato de la llenadora Csd en la empresa Backus y Johnston, Ate – Lima, 2017”, presentada a la Universidad César Vallejo, considero lo siguiente:

Objetivo General

- Determinar como la aplicación de la metodología SMED incrementa la productividad en los cambios de formato de la llenadora de botellas CSD en la empresa Backus y Johnston, Ate – Lima, 2017.

Objetivos específicos

- Determinar cómo la aplicación de la metodología SMED incrementa la eficiencia.
- Determinar como la aplicación de la metodología SMED incrementa la eficacia.

Dicho estudio consideró como población la producción de botellas correspondientes a cada una de las 10 semanas del periodo comprendido entre los meses de agosto y octubre.

El instrumento empleado es el cuestionario elaborado por el autor para la recolección de datos y un cronometro, para la toma de tiempos de las actividades.

2. Ipanaque (2019) en su tesis para optar el título profesional de ingeniera industrial “Aplicación de la Metodología SMED para incrementar la productividad en la línea 2 de transformación en una empresa manufacturera Lima 2019”, presentada a la Universidad César Vallejo, considero lo siguiente:

Objetivo general

- Determinar como la aplicación de la metodología SMED incrementará la productividad de la línea 2 de transformación en una empresa manufacturera Lima, 2019.

Objetivos específicos

- Determinar como la aplicación de la metodología SMED incrementara la eficiencia de la línea 2 de transformación en una empresa manufacturera Lima, 2019.
- Determinar como la aplicación de la metodología SMED incrementará la eficacia de la línea 2 de transformación en una empresa manufacturera Lima, 2019.

Dicho estudio considero como población la producción semanal de la línea 2 del área de transformación durante los meses de enero hasta mayo, y de julio a octubre del 2019, considerando 16 semanas antes y después de la aplicación de la mejora.

Los instrumentos empleados para la recolección de datos son: registro de Quality Gate, Gantt de seguimiento y procedimientos que se utilizan durante la ejecución de cambios de formato. Base de datos históricos de los registros para la medición de los indicadores.

3. Olaya (2017) en su tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial “Aplicación del SMED para mejorar la productividad en los cambios de formatos de una empresa manufacturera, Santa Clara, 2016”, presentada a la Universidad César Vallejo, considero lo siguiente:

Objetivo general

- Determinar como la aplicación del SMED mejora la productividad en los cambios de formatos en una empresa manufacturera, Santa Clara, 2016.

Objetivos específicos

- Determinar como la aplicación del SMED mejora la eficiencia en los cambios de formatos en una empresa manufacturera, Santa Clara, 2016.
- Determinar como la aplicación del SMED mejora la eficacia en los cambios de formatos en una empresa manufacturera, Santa Clara, 2016.

La población empleada en el presente estudio fue la producción de pañales por semana, durante 16 semanas del periodo de tiempo entre los meses de agosto de 2015 y abril 2016.

Los instrumentos empleados en el presente estudio fueron: fichas de observación, hojas de registro y archivos.

4. Unterborn J. E. (2011) en su tesis para optar por la Tesis de Maestría en Ciencias presentada en cumplimiento de los requisitos de graduación para el Departamento de Ciencia Aplicada y Tecnología de la Facultad de Ciencia Aplicada de La Ciencia del Embalaje en el Instituto de Tecnología de Rochester, Rochester, Nueva York, "Un Estudio de un Programa de Cambio de Matrices de un solo minuto (Smed) apoyado por la Administración para la Industria del Embalaje Flexible" menciona lo siguiente:

El tema subyacente de cualquier programa de mejora de procesos es satisfacer y superar las demandas del cliente. En el pasado los clientes eran predecibles con sus pedidos, grandes cantidades con variaciones mínimas del producto. En los últimos 25 años, los clientes se han dado cuenta de que mantener grandes inventarios con una variación mínima ya no es una fuerza impulsora para los negocios.

Los consumidores finales están en la búsqueda de la "próxima mejor cosa". Tomando estos nuevos puntos de vista en perspectiva, los clientes ahora están

recortando el inventario y creando nuevas demandas de alta variabilidad y una velocidad de comercialización más rápida.

Si pueden lanzar su nuevo producto primero por un precio más barato, entonces podrán vender más unidades, pero si el mercado reacciona mal al nuevo lanzamiento, entonces las pérdidas son mínimas debido a los bajos recuentos de inventario.

Muchas empresas de conversión han adoptado el sistema de fabricación esbelta de intercambio de un solo minuto de troqueles o SMED para combatir estas demandas específicas de los clientes.

En la mayoría de los autores de la investigación, los autores explican que el apoyo de la gerencia es necesario y en algunos casos crítico para el éxito, mientras que otros autores recomiendan a las empresas externas que introduzcan estas prácticas. En ninguna investigación que se encontró se centró en el impacto que el apoyo de gestión realmente proporciona a estos programas.

Los investigadores saben que hay una importancia de tener ese apoyo, pero no lo han cuantificado en un estudio real.

Objetivos del estudio

- Este documento busca probar cómo el apoyo de un popular programa de mejora de procesos probado, como Single Minute Exchange of Dies (SMED) se relaciona directamente con la cantidad de apoyo proporcionado por el equipo de administración. El apoyo continuo del equipo de gestión impulsa y dirige la implementación del proyecto de mejora de procesos mediante la creación de una base estable para la mejora continua que se puede repetir año tras año.

Supuestos del estudio

- Hipótesis: El programa de intercambio de troqueles de un solo minuto (SMED) apoyado por la administración es más efectivo que un sistema no soportado por la administración.

- La medición de las instalaciones de fabricación seleccionadas producirá datos representativos de los entornos de fabricación tradicionales.

5. Rebolledo (2010) en su tesis para optar por el título de Ingeniero Civil Mecánico en la Universidad de Chile sostiene que:

“El trabajo desarrollado está enfocado a disminuir el tiempo improductivo asociado a un cambio de formato. Para ello, la empresa ha decidido implementar una herramienta conocida como SMED (Single Minute Exchange of Die). Este concepto introduce la idea de que en general, cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos. El propósito, como estrategia de planta, es que, mediante esta implementación, el tiempo que toma realizar un cambio no demore más de 30 minutos para el departamento de Conversión Rollos. Con esto se busca flexibilizar la producción de la empresa, realizando un mayor número de cambios sin que esto afecte la eficiencia de las líneas.”

Objetivo general

- Consiste en desarrollar una estandarización de la implementación de SMED dentro de un proceso de producción continuo. Esto apunta a que la herramienta pueda ser utilizada de manera permanente en todo el departamento de Conversión de Rollos, dejando abierta la posibilidad de ser utilizada en otros procesos productivos.

Objetivos Específicos

Para poder cumplir con el objetivo general de este trabajo, se plantean los siguientes objetivos específicos.

- Implementar SMED en un equipo de una de las líneas de la planta como implementación primaria.
- Establecer criterios de análisis y puntos comparativos para los resultados obtenidos tras la implementación.
- Analizar los resultados y obtener el aprendizaje para la aplicación de la herramienta en el resto de la planta.

- Una vez validados los resultados y adquirido el aprendizaje, continuar con la implementación de SMED en el siguiente equipo seleccionado.
- Generar un procedimiento paso a paso de la metodología utilizada para la implementación, estableciendo responsables y responsabilidades.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.

La metodología SMED tuvo su origen en las décadas de los 50's y 60's gracias al ingeniero mecánico japonés Shigeo Shingo, quien fue consultor de diversas empresas a lo largo de su país de origen, como la de Toyota Motors.

En aquellas épocas, Toyota padecía de ineficiencias en su productividad debido a los cuellos de botella presentes en su línea de estampado, a causa del elevado tiempo empleado al realizar el cambio de los troqueles entre diferentes moldes. Esto generaba la necesidad de producir lotes más grandes y tener las máquinas paradas durante un excesivo período de tiempo.

Fue entonces cuando el ingeniero Shingo se dedicó a estudiar dicho problema, con el fin de reducir lo más posible la necesidad de cambiar los moldes, estandarizando diseños en los diferentes modelos de vehículos, buscando así mejorar los procesos de cambio de moldes.

Así fue cómo surgió la metodología SMED (single minute exchange of die), cuyas siglas en inglés se traducen como "cambio de molde en un dígito de minuto", es decir que el tiempo que tome realizar dicho cambio, no supere los 9 minutos. El objetivo del SMED es el de reducir el tiempo de parada de la máquina mediante la eliminación de operaciones que no agreguen valor al proceso y en la redistribución temporal de las operaciones que configuran el proceso de cambio.

Dicha metodología llevó a Toyota al escenario mundial, la cual se convirtió en un referente ideal de la eficiencia productiva.

El sistema o metodología SMED fue concebido por la necesidad de lograr una producción JIT (just in time), donde sus siglas en inglés se traducen como "justo a tiempo", con la finalidad de reducir los tiempos de preparación de las máquinas, logrando producir lotes de menor tamaño. Esto quiere decir que se pueden satisfacer las variadas necesidades de los clientes, ofreciéndoles productos de alta calidad, a

bajo costo, entregas rápidas y sin stocks excesivos, los cuales, de otra manera generarían costos adicionales en el proceso.

Partiendo de las ideas y conceptos generados por el ingeniero Shingo, que hicieron posible reducir el tiempo a un dígito de minuto para el cambio de herramientas y/o la preparación de estas previo al siguiente proceso de producción, fue posible reducir considerablemente los niveles de inventario manejados, haciendo los procesos más flexibles, reduciendo en gran medida los costos y, por ende, el aumento de la productividad de dichos procesos.

- Aplicaciones del SMED

“Las técnicas SMED (Single Minute Exchange of Die) o cambio rápido de herramienta, tienen por objetivo la reducción del tiempo de cambio o setup time. El tiempo de cambio se define como el tiempo entre la última pieza producida del producto “A” y la primera pieza producida del producto “B”, que cumple con las especificaciones dadas” Rajadell et al (2010) 123p

Lo que dice el autor es que el tiempo de cambio comienza desde que se produce la última pieza de una serie y termina cuando se obtiene una pieza libre de defectos de la siguiente serie.

“El SMED se traduce, literalmente, como cambio de utillajes en minutos de un solo dígito, es decir, que las operaciones de cambio deben de hacerse en menos de diez minutos.” Santos, Wysk y Torres (2010) 145p

Lo que el autor Santos nos dice es que el proceso de cambio de utillaje se realiza en cuestión de minutos, en la figura 05 se muestra las fases que sigue el SMED para la reducción del tiempo de cambio de molde.

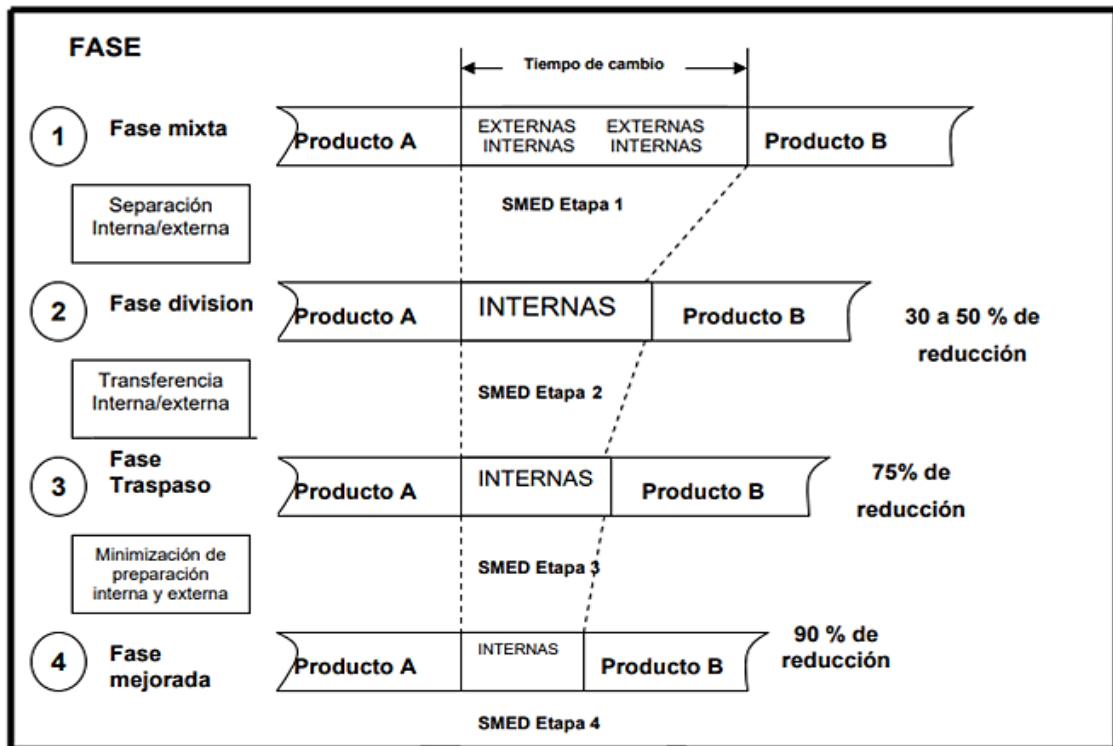


Figura 05. Diagrama de las fases del SMED según Santos (2010).

Fuente: El Sistema SMED del ingeniero Francis Paredes.

- Fases del SMED:

Mientras que, Shigeo Shingo, en su libro *“A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint”* el autor define 4 fases conceptuales para el SMED como se muestra graficado en la figura 06.

Fase 0: No existe distinción entre las operaciones internas y externas.

En esta etapa preliminar, no hay una distinción entre actividades internas o externas. Muchas acciones que podrían ser desarrolladas como actividades externas, como la búsqueda de herramientas o reparaciones del herramental se realizan cuando la máquina está parada.

Fase 1: Separación operaciones internas y externas

Esta es la etapa crucial en la implementación del SMED según Shingo, la cual corresponde a la separación de las operaciones internas de las operaciones externas.

Shingo sugiere hacer una lista de chequeo que incluya todas las partes, condiciones de operación y los pasos que deben realizarse mientras la maquina todavía está en funcionamiento. Luego, se debe verificar el funcionamiento de todas las partes para evitar demoras durante el set up (Es decir con la máquina parada). Finalmente, se debe buscar e implementar el método más eficiente para transportar los herramientas, así como las otras partes mientras la maquina está en funcionamiento.

Fase 2: Conversión de operaciones internas en operaciones externas

Se debe analizar la operación de cambio de serie actual para determinar si alguna de las actividades realizadas como internas pueden ser convertidas en actividades externas. Por ejemplo, el precalentamiento de un molde que opera en caliente, mientras que la maquina está funcionando, elimina la necesidad de precalentamiento en el puesto, realizando ciclos de prueba hasta lograr la temperatura requerida en el molde, lo cual ocasiona pérdida de tiempo y pérdida por piezas que deben tirarse hasta que finalmente se alcanza la temperatura adecuada.

Fase 3: Mejora de todas las operaciones de cambio de serie, tanto internas como externas.

Se deben examinar las operaciones internas de cambio de serie como las externas para oportunidades adicionales de mejora. Se debe considerar eliminar el ajuste y racionalizar los métodos de anclaje.

Según Shingo, de todas las mejoras logradas con la técnica SMED, las acciones que probaron ser las más efectivas son:

- Clara separación entre las actividades internas y externas.
- Conversión de las actividades internas en externas.
- Eliminación de los ajustes.
- Anclaje sin tornillos.

II. Creación de un equipo de trabajo:

Se trata de formar un equipo de trabajo el cual se le brindará la información del SMED y las herramientas requeridas para su aplicación.

El equipo deberá estar constituido por:

- a) Personas que sepan del proceso de preparación de la máquina.
- b) Personas con capacidad de realizar modificaciones técnicas.
- c) Personas con capacidad de realizar modificaciones organizativas.

Herramientas que se utilizan:

- 1) Dispositivo para grabar
- 2) Layout de la planta
- 3) Cuaderno para anotaciones
- 4) Calculadora
- 5) Espacio de trabajo para realizar el análisis de los datos recolectados

III. Análisis del proceso de cambio de matriz

Se inicia filmando todas las actividades que se realizan durante el proceso de cambio de matriz. En caso de que intervengan en él una o varios trabajadores, se deberá filmar a cada una de ellas, realizando sus funciones respectivas.

El inicio de la grabación se dará con el fin de fabricación de la última pieza de la matriz saliente y el final de la grabación se dará con el inicio de fabricación de la primera pieza ok de la matriz entrante. Si de la máquina no extrae una pieza ok se considera que sigue dentro del proceso de preparación y, en estos casos, la comprobación de la calidad de la primera pieza fabricada puede ser considerada como la última operación de la preparación. Una vez realizadas las grabaciones, el equipo del taller SMED usará las grabaciones para detallar todas las actividades de las que consta el proceso de cambio de matriz, indicando a su vez su duración. De esta forma se obtiene el tiempo de ciclo estándar del proceso.

IV. Separación de las actividades internas de las externas:

Aquí todos los miembros del equipo van a analizar cada una de las actividades y determinar cuáles son internas y externas. Una actividad externa es aquella que se puede realizar con la maquina en marcha y, por lo tanto, su tiempo de ejecución no afecta al tiempo del ciclo total del proceso. De ahí la importancia de convertir las actividades que se puedan en externas.

V. Organizar las actividades externas:

Dado a que las actividades externas se pueden realizar con la máquina en marcha, se debe hacer una planificación con el objeto de que todas las actividades externas estén preparadas en el momento vaya a comenzar el proceso de cambio de referencia.

VI. Convertir las actividades internas en actividades externas:

Para cada una de las actividades que se han decidido convertir en externas el equipo debe definir el plan de acción a seguir para lograr esa conversión. De esta forma para cada actividad se debe indicar que se va a hacer, quién lo va a hacer y cuando debe tenerse terminado.

VII. Reducir los tiempos de las actividades internas

En esta fase, el equipo debe plantear ideas de mejora para reducir los tiempos de ejecución de las actividades internas. Una vez que se ha definido una idea de mejora y esta ha sido aceptada por todos, el equipo debe definir el plan de acción a seguir para implementar esa idea de mejora.

Una vez terminado el taller SMED por primera vez es vital realizar el seguimiento para ver si el nuevo estándar definido sufre desviaciones y en caso de que así sea, poder tomar acciones correctoras. De esta forma, el seguimiento que suele hacerse se apoya en 2 soportes.

VIII. Registrar todas las incidencias que se han dado durante la semana.

Registrar todos los tiempos de cambio que se dan durante la semana para luego, en una gráfica, representar los valores máximos, mínimos y medios de cada semana. La evolución de los datos desvela las desviaciones.

A continuación, se describen las 8 técnicas del SMED para reducir el tiempo de setup según Shigeo Shingo (1989).

Técnica 1: Separar las operaciones internas de setup de las externas.

Se debe identificar claramente cuál de las operaciones deben ser realizadas cuando la máquina está parada, y cuales actividades pueden ser realizadas mientras la máquina está funcionando. Por ejemplo, toda preparación o transporte de herramientas, dispositivos, calibres, herramientas y materiales, desde y hacia la máquina pueden ser realizadas mientras la maquina está en funcionamiento.

Las operaciones internas deben limitarse a sacar el herramental actual y colocar el nuevo herramental, así como su anclaje. Por medio de una simple separación y organización de las operaciones internas y externas el tiempo de cambio de serie puede ser reducido de 30 a 50%.

Técnica 2: Convertir operaciones internas en externas.

Este es el principio más poderoso del sistema SMED según Shingo. Esta conversión implica reexaminar las operaciones para revisar si algún pasó se asumió equivocadamente para confundir la operación en interna, permite encontrar diferentes formas de convertirlas operaciones internas en externas.

Para evitar tiempo en el ajuste de altura de los platos de una prensa, los moldes o matrices pueden tener una altura estandarizada añadiendo placas o bloque planos debajo de la herramienta inferior.

Otra conversión muy simple para herramientas que operan en caliente consiste en un precalentamiento previo, de esta forma se evitan aquellos

ciclos de ajuste en prensa hasta que el herramental alcanza la temperatura adecuada.

Técnica 3: Estandarizar funciones, no formas.

Estandarizar la forma y el tamaño de los moldes o matrices puede reducir el tiempo de cambio de serie considerablemente. Pero la estandarización de la forma es inútil porque todos los herramentales van a tener que operar en las condiciones de funcionamiento del molde más grande, lo que va a incrementar los costos innecesariamente. La estandarización de las funciones por el otro lado requiere solo una uniformidad en las partes necesarias para las operaciones de cambio de serie.

Por ejemplo, incorporar un bloque a la herramienta inferior para estandarizar la altura de la herramienta hace posible que se utilicen los mismos dispositivos de anclaje en los diferentes cambios de serie.

Técnica 4: Utilice dispositivos de anclaje funcionales o elimine sujetadores.

El tornillo es el dispositivo de anclaje más usado, pero ajustarlo para conseguir la adecuada sujeción del molde puede insumir mucho tiempo

Por ejemplo, considere un tornillo con 15 roscas, a este se le deben dar 14 vueltas para ajustarlo y finalmente, la última vuelta es la que fija el molde. (Es necesario tener en cuenta que el estiramiento producido por el torque para el ajuste no lo condicione)

Desde el punto de vista práctico, la última vuelta es la que realmente ajusta el tornillo para fijar la herramienta, las otras 14 vueltas son una pérdida de tiempo o movimiento inútil. Si el propósito del tornillo es ajustar o desajustar debe tener el largo suficiente para ajustarlo en una vuelta. Esto haría del tornillo un dispositivo de anclaje funcional.

Los tornillos roscados no son la única forma de fijar un herramental. Existen dispositivos de fijación “*one touch*” (De un toque) como cuñas, clamps, o resortes que reducen el tiempo de cambio de serie considerablemente ya que generan un bloqueo que simplifica el ajuste y la

unión de la herramienta. Estos métodos pueden reducir el tiempo de cambio a segundos.

Técnica 5: Utilice dispositivos intermedios.

Algunas de las demoras debido al ajuste durante el tiempo interno de cambio de serie pueden ser eliminadas utilizando dispositivos intermedios estandarizados como se muestra en la figura 07, estos dispositivos intermedios transfieren la carga de trabajo a sí mismos para realizar menos esfuerzo manual y poder realizar el cambio de molde de manera más rápida, disminuyendo así drásticamente el tiempo de cambio de molde.

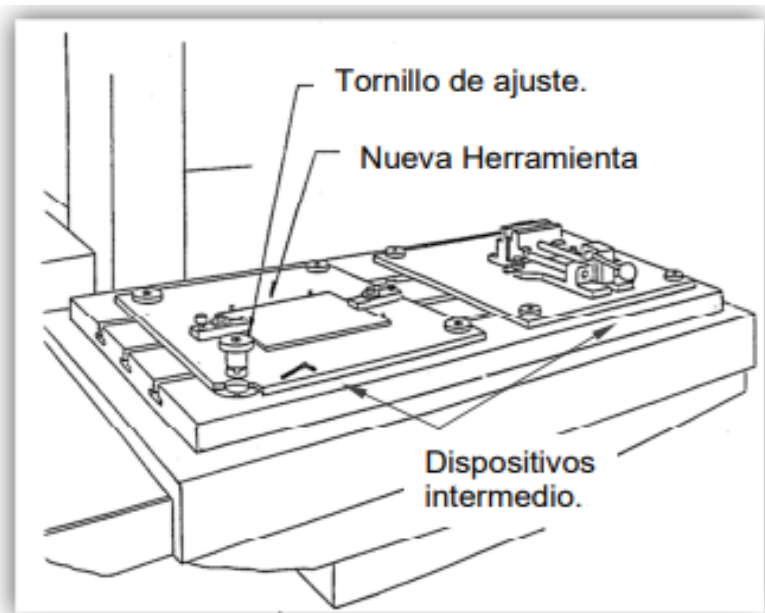


Figura 07. Esquema de un dispositivo intermedio.

Fuente: El Sistema SMED del ingeniero Francis Paredes.

Técnica 6: Adopte operaciones en paralelo.

Las operaciones en el cambio de serie de herramientas de moldeo de plástico y matrices de moldeo en prensas involucran actividades en ambos lados de la máquina, parte frontal y posterior.

Si sólo un trabajador realiza estas actividades, las pérdidas de tiempo y movimiento inútiles son altos, ya que el operador debe desplazarse del frente a la parte trasera de la máquina. Pero cuando dos operarios realizan

las actividades en paralelo, el tiempo de cambio de serie generalmente se reduce en menos de la mitad. Por ejemplo, una operación que le lleva 30 minutos a un solo operario puede ser realizada en 10 minutos con dos operarios. Cuando se emplean operaciones en paralelo, las horas hombre empleadas en el cambio de serie son las mismas o menores que las que se utilizarían si sólo un operador las realizara, pero el tiempo operativo de la máquina se incrementa. Este método es frecuentemente rechazado por gerentes que piensan que no pueden perder otro trabajador para asistir en el cambio.

Cuando el set up se reduce a 9 minutos o menos, solo se requieren 3 minutos de asistencia de un segundo trabajador y con el setup simplificado, incluso trabajadores no altamente calificados pueden proveer la asistencia necesaria de forma eficiente.

Es importante destacar que las tareas deben estar muy bien pautadas y debe existir un procedimiento que permita la comunicación permanente de los trabajadores involucrados porque está implícito el riesgo de graves accidentes por desincronización.

Técnica 7: Eliminar el ajuste.

El establecimiento de las condiciones iniciales para un proceso y los ajustes, involucran entre el 50 y 70% del tiempo interno de setup, por lo que su eliminación produce un importante ahorro de tiempo.

Eliminar el ajuste empieza con el reconocimiento de que el establecimiento de las condiciones iniciales para un proceso y el ajuste son dos funciones distintas y separadas.

El establecimiento de las condiciones iniciales para un nuevo producto es una operación necesaria cada vez que se realiza un cambio de producto. Por otra parte, el ajuste incluye la corrección de estas condiciones iniciales. Por lo tanto, si se puede conseguir el correcto establecimiento de las condiciones iniciales para un nuevo producto desde el principio, no debería haber necesidad de ajustes.

Se consideró como ejemplo un interruptor de fin de carrera cuya posición determina la longitud de una pieza a mecanizar.

El establecimiento de la condición inicial implica cambiar la posición del interruptor debido al cambio de la longitud de la pieza a mecanizar.

El ajuste ocurre cuando el interruptor es testeado repetidamente en la nueva posición.

Para este ejemplo, el ajuste puede ser eliminado si se utiliza un calibre para determinar precisamente la posición correcta del límite del interruptor. Luego, el establecimiento de la condición inicial, (en este caso el posicionamiento del interruptor) para adaptar la nueva longitud de la pieza a mecanizar sería la única operación requerida.

Asumir que el ajuste es inevitable lleva a largos tiempos de actividades internas y requiere un elevado nivel de habilidad y experiencia por parte del operador. Uno de los obstáculos más frecuentes para eliminar los ajustes es que se utilizan dispositivos que permiten realizar diferentes cambios de serie de forma continua e ilimitada, mientras que lo que se necesita es una cantidad de condiciones iniciales limitadas.

El sistema “least common multiple system” (LCM) se basa en el principio de que el ajuste puede ser eliminado completamente cuando el número de condiciones iniciales para procesar los diferentes productos es limitado e invariable.

Considérese el siguiente ejemplo: En una planta se utiliza un interruptor para indicar el punto final de mecanizado en un eje. Como hay ejes con 5 longitudes diferentes, el interruptor se tiene que mover a 5 ubicaciones diferentes. (5 condiciones iniciales diferentes). El interruptor no puede ser posicionado correctamente con menos de 4 pruebas de producción para realizar el ajuste cada vez que se cambia la producción para un eje de diferente longitud.

Instalando 5 interruptores en las 5 localizaciones correspondientes, como se puede observar en la figura 08, cada uno de ellos equipado con un

interruptor eléctrico que es alimentado independientemente de los otros interruptores eliminando, de esta manera, la complejidad y las demoras en el proceso. Finalmente se logró un cambio de serie que solo requería habilitar para que actúe uno de los interruptores, este es finalmente el objetivo de los sistemas LCM.

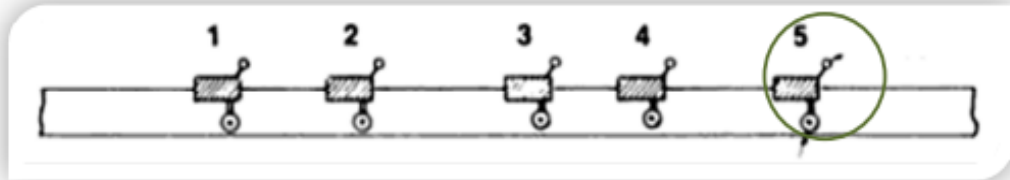


Figura 08. Sistema LCM: 5 interruptores reemplazando el sistema de un solo interruptor para indicar la posición de la longitud de los ejes a mecanizar.

Fuente: El Sistema SMED del ingeniero Francis Paredes.

Técnica 8: Mejoras mecánicas.

Por más que el cambio de troqueles, dispositivos y calibres es bastante sencillos, las mejoras mecánicas son frecuentemente esenciales para un movimiento eficiente de matrices o grandes moldes. Mecanismos neumáticos e hidráulicos pueden ser utilizados convenientemente, así como el cierre de una prensa por medio de motores. De todas formas, las inversiones en mejoras mecánicas deben ser analizadas cuidadosamente, sin perder de vista el propósito de la operación.

Toda mejora mecánica debe ser considerada solo después de haber realizado todo esfuerzo para mejorar el tiempo de setup utilizando las técnicas descritas con anterioridad.

Los 7 primeros principios pueden reducir el tiempo de setup de 2 horas a 3 minutos y las mejoras mecánicas probablemente van a reducir este tiempo, pero solo en un minuto.

El SMED es una aproximación analítica para mejorar el tiempo de setup, mientras que la mejora mecánica es solo un componente. Buscar la mejora del tiempo del primer cambio de serie por medio de mejoras mecánicas va

a reducir el tiempo de setup inicial pero no va a remediar las ineficiencias básicas de un proceso de cambio diseñado pobremente. La mecanización se justifica luego de que han pasado por el estudio y mejoramiento de los 7 principios anteriores como se puede apreciar de forma esquematizada en la figura 09.

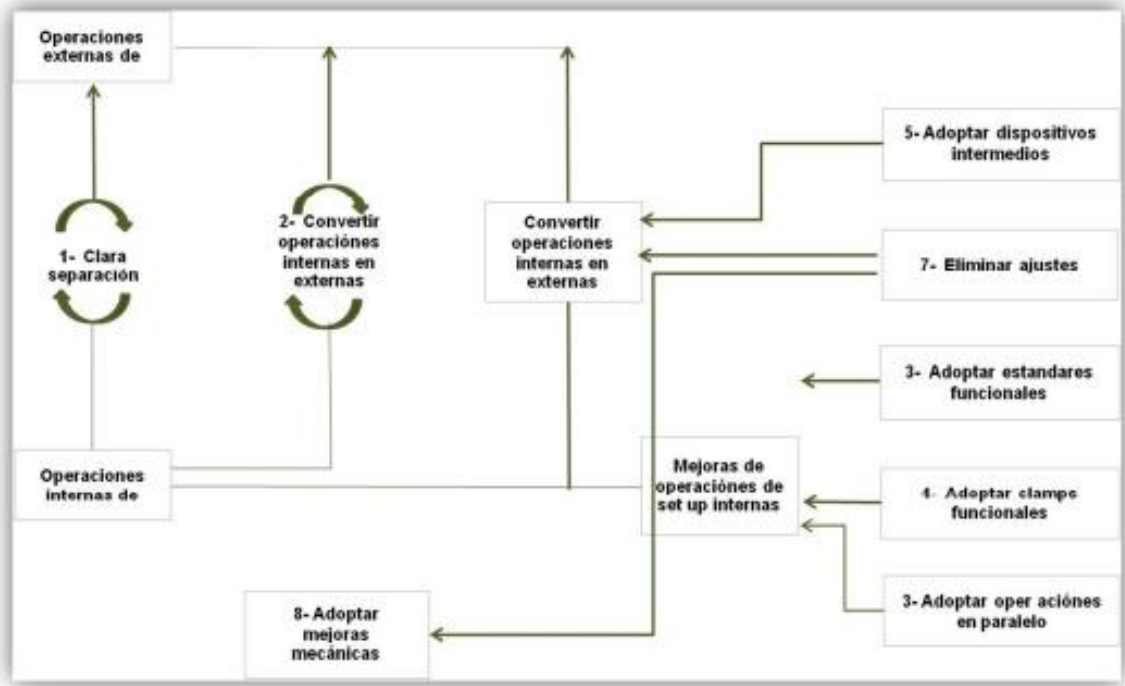


Figura 09. Flujograma para aplicar las 8 técnicas de SMED.

Fuente: Shingeo Shingo "A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint", 1989, p54.

- Trabajo Estándar

Según Socconini (2008) “El trabajo estándar se basa en la excelencia operacional. Sin el trabajo estandarizado no se puede garantizar que en las operaciones siempre se elaboren productos de la misma manera. El trabajo estandarizado hace posible aplicar los elementos del Lean Manufacturing, ya que define de la manera más eficiencia los métodos de trabajo para lograr la mejor calidad y los costos más bajos.”

Para entender el trabajo estándar solo hay que observar (midiendo) el trabajo de los operadores. El trabajo estándar se compone de tres elementos:

- Tiempo takt (rapidez de la demanda)
- Secuencia estándar de las operaciones
- Inventario estándar del proceso

El motivo por el cual se implementa el trabajo estándar es que, al estandarizar las operaciones, se establece la línea base para evaluar y administrar los procesos y evaluar su desempeño, lo cual será el fundamento de las mejoras.

La documentación del trabajo estándar sirve para lo siguiente:

- Asegura que la secuencia de las acciones del operador sea repetible.
- Apoya el control visual, creando así un ambiente para detectar anomalías fácilmente.
- Ofrece ayuda para comparar la documentación con los procesos actuales
- Es una herramienta para iniciar acciones de mejora.
- Facilita el método de documentación de las mejoras
- Establece un banco invaluable de información que se puede consultar siempre que sea necesario.
- Ayuda a mantener un alto nivel de repetibilidad.
- Asegura las operaciones más seguras y efectivas.
- Mejora la productividad.
- Ayuda al equilibrio de los tiempos de ciclo de todas las operaciones de acuerdo con el ciclo del tiempo takt.
- Reduce la curva de aprendizaje de los operadores.

La documentación de las operaciones estándar se utiliza desde que se obtiene la información relevante de los procesos, como los tiempos de operaciones, cuando se requiere conocer la secuencia de las operaciones y su relación con el tiempo takt y una vez que se ha mejorado el proceso para documentar los nuevos métodos establecidos y capacitar al personal en su nuevo puesto de trabajo.

Procedimiento para implementar el trabajo estándar:

1. Seleccionar un proceso específico o unas operaciones de un proceso.

Realizar las mediciones de tiempo correspondientes y registrarlos en la tabla “Hoja de medición de tiempos” como se muestra en la tabla 02.

Tabla 02. Hoja de medición de tiempos para el trabajo estándar.

PROCESO		HOJA DE MEDICIÓN DE TIEMPOS															Fecha de análisis	Número del proceso
																	Hora de análisis	Observador
Núm.	Elemento de trabajo	Punto de medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Tiempo repetido más bajo

Fuente: Libro Lean Manufacturing por Socconini, 2019.

En la hoja de medición de tiempos se identifica el momento en que inicia un elemento de trabajo, así como el momento en que termina. En esta hoja se mide cada elemento de trabajo y se establecen los tiempos estándar para cada operación del proceso.

En la hoja de medición de tiempos se registran algunas mediciones de los tiempos de ciclo de cada operación. Esto se realizó anotando el número de las operaciones en el proceso, la descripción del elemento del trabajo o el nombre de la operación y especificando en que punto de la operación se completan los ciclos de operación.

2. Calcular la capacidad de operación y llenar los datos en la tabla “Hoja de capacidad de operación” como se muestra en la tabla 03.

Tabla 03. Hoja de capacidad de operación

												Fecha:	
Gerente		CAPACIDAD DE OPERACIÓN						Número de parte		Tipo de producto		Sección	
Asistente								Nombre		Partes / producto		18.2	
Secuencia	Nombre del proceso	Número de máquina	Cambios de herramienta						Intervalo de cambios	Tiempo de cambio	Capacidad de manufactura	Observaciones	
			Manual		Automático		Total						
			Min.	Seg.	Min.	Seg.	Min.	Seg.					

Fuente: Libro Lean Manufacturing por Socconini, 2019.

En la hoja de capacidad de operación se describe la capacidad de operación en cada etapa del proceso, teniendo en cuenta el tiempo estandar manual y/o automatico de cada fase del proceso. También se describe el tiempo que tarda el cambio en cada secuencia de operación. El resultado final es la capacidad de producción de cada operación, y este dato se da en unidades de tiempo por pieza.

Esta hoja sirve para determinar si el proceso es capaz de trabajar al ritmo del tiempo takt y para confirmar las restricciones del sistema.

Asimismo, será de utilidad para establecer las restricciones del sistema, que serán las que marquen el ritmo de producción, y servirá para alimentar el mapa de valor.

3. Diseñar o documentar la secuencia optimizada de la capacidad en la tabla “Cuadro combinado de operaciones estandarizadas” como se muestra en la tabla 04.

Tabla 04. Cuadro combinado de operaciones estandarizadas



Fuente: Libro Lean Manufacturing por Socconini, 2019.

El cuadro combinado permite ver gráficamente la secuencia de producción y diseñar la secuencia para optimizar la capacidad. También es útil para equilibrar la carga de trabajo de cada operación de acuerdo con el tiempo takt.

Se observa con detalle el tiempo de cada operación para darnos cuenta de que hay actividades que se podrían combinar con otras para optimizar el tiempo, dadas las condiciones en un estado futuro, y asignar responsabilidades de tareas específicas a cada operador.

En el cuadro, se puede ver un ejemplo sobre una operación de corte la cual se divide en tres actividades, con un tiempo de ciclo de 22 segundos y que el tiempo takt es de 79 segundos, por lo que se tiene un tiempo de espera de 57 segundos que se podría aprovechar para compartir algunas tareas de otra operación en el momento que se establezca el flujo continuo.

4. Dibujar el proceso en la tabla “Trabajo estándar” como se observa en la tabla 05.

Tabla 05. Trabajo estándar

LSSI LEAN SIX SIGMA INSTITUTE				TRABAJO ESTANDAR																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No.</th> <th rowspan="2">ELEMENTO DE TRABAJO</th> <th colspan="3">TIEMPO</th> </tr> <tr> <th>MANUAL</th> <th>ESPERA</th> <th>CAMINAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Recoger material</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Cortar piezas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Pintar piezas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Perforar piezas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Ensamble</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Cargar software</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Ensamble 2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Empaque</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>Colocar producto terminado</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="2">TOTAL</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				No.	ELEMENTO DE TRABAJO	TIEMPO			MANUAL	ESPERA	CAMINAR	1	Recoger material				2	Cortar piezas				3	Pintar piezas				4	Perforar piezas				5	Ensamble				6	Cargar software				7	Ensamble 2				8	Empaque				9	Colocar producto terminado				TOTAL					NOMBRE DE LA OPERACIÓN: fabricación de tableros DESDE: Materiales HASTA: Producto terminado		FECHA: 22-Mayo-2007 FIRMA:	
						No.	ELEMENTO DE TRABAJO	TIEMPO																																																									
MANUAL	ESPERA	CAMINAR																																																															
1	Recoger material																																																																
2	Cortar piezas																																																																
3	Pintar piezas																																																																
4	Perforar piezas																																																																
5	Ensamble																																																																
6	Cargar software																																																																
7	Ensamble 2																																																																
8	Empaque																																																																
9	Colocar producto terminado																																																																
TOTAL																																																																	
				Trabajo mientras el producto se mueve → Caminar ——— Regreso al inicio - - - - -																																																													
				SIMBOLOS Elemento de control: ▽ Revisión visual: ◇ Seguridad: ⊕				COMENTARIOS Inventario en proceso: ● 7 Tiempo de ciclo: 70 Tiempo takl: 79 Análisis No.: 1/1																																																									

Fuente: Libro Lean Manufacturing por Socconini, 2019.

En la hoja de trabajo estandar, se presenta el diseño del proceso (layout) con el operador y el flujo del material, para establecer los movimientos más eficientes de acuerdo con las operaciones estáticas y dinámicas; se pueden observar las distancias; y, en general, se analizan las operaciones en grupo.

En este esquema, se presentan las operaciones estáticas y dinámicas, las distancias y recorridos de los operadores y se analiza todo el proceso en su conjunto para tener una visión clara de la secuencia de las operaciones y su flujo.

Para fortalecer la creación de esta hoja de trabajo, es necesario generarlo y validarlo junto con los operadores que trabajan diariamente en el área.

5. Documentar las instrucciones de operaciones en la tabla “Instrucciones de operación” como se puede observar en la tabla 06.

Tabla 06. Instrucciones de operación.

Instrucciones de operación

No.	SECUENCIA DE OPERACIONES	PUNTOS CLAVE	ILUSTRACIONES					
1	Tome el material	Tome el material con la mano derecha						
2	Fije el material en la mesa de trabajo	Utilice abrazaderas para mantener fija la pieza						
3	Coloque las puntas en dirección al filo de la mesa	Cuide que la pieza esté bien balanceada en ambos lados						
4	Corte la pieza a la medida establecida							
5	Ponga las piezas cortadas en la mesa siguiente							
REGISTRO DE CAMBIOS		CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD	FIRMAS					
Fecha	Rev.	Descripción del cambio	Sep.	Aprob.	Fecha	Turno	Supervisor	Operador
12/01/2007	00	Edición inicial	7	56				
El equipo de seguridad debe ser utilizado en todo momento								

Fuente: Libro Lean Manufacturing por Socconini, 2019.

Las instrucciones de operación deben ser realizadas por los ingenieros de procesos o líderes de cadena de valor, de manera que cada paso del proceso se entienda adecuadamente y que cualquier operador entienda rápida y claramente cada paso de la operación.

2.4. Definición de términos básicos

A continuación, se definen los términos a utilizar en esta investigación.

- Productividad

“La productividad es un ratio o índice que mide la relación existente entre la producción realizada y la cantidad de factores o insumos empleados en conseguirla.” Cruelles (2012) 10p

- Proceso

“Un proceso es cualquier actividad o un grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes, sin embargo, el concepto puede ser aún mucho más amplio; un proceso puede tener su propio conjunto de objetivos, abarcar un flujo de trabajo que traspase las fronteras departamentales y requerir recursos de varios departamentos.” Krajewski, Ritzman et Malhotra (2008) (17 p)

- Eficiencia

“Se refiere a los insumos empleados verdaderamente y los recursos programados.” García (2011) 16p

- Actividad interna

“Cuando la maquina tenga que estar detenida para desarrollar las actividades.” Socconini (2011) 215p

- Actividad externa

“Cuando las actividades se pueden hacer antes o después del paro.” Socconini (2011) 215p

- Eficiencia

“La eficiencia es el logro de las metas con la menor cantidad de recursos.” Koontz y Weihrich (2004) 14p

- Tiempo estándar

“El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación.” Niebel (1980)

- Trabajo estandarizado

“El trabajo estandarizado es una herramienta que le ayudará eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos

aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.” Lefcovich (2003)

- Medición del trabajo

“La medición del trabajo es la parte numérica del estudio del trabajo en la que se mide el tiempo de realizar una actividad y se estudió para reducir el tiempo improductivo, en la que se cambia los métodos usados.” Durán (2007) 128p

- Estudio del trabajo

“El estudio del trabajo es un análisis sistemático de todas las tareas que se realizan en una determinada actividad, a tal punto de simplificar el trabajo excesivo o innecesario que se genere en una actividad de trabajo, con la finalidad de establecer normas de rendimiento respecto a las actividades que se estén realizando mediante la utilización eficaz de todos los recursos disponibles.” Kanawaty (1996) 9p

- Período de baja (Run Down)

En ciertos procesos se debe disminuir el ritmo de avance antes de su detención total, lo que implica una disminución de la velocidad de producción previa al cambio de serie. Shingo (1983)

- Período de Setup

Es el periodo de tiempo en el cual no hay producción. Suele representarse por el cambio de configuración de la máquina, el ajuste y calibración de ésta antes del inicio del “Run-Up”, que incluye la manufactura aún no estabilizada. Shingo (1983)

- Periodo de alta (Run Up)

Éste empieza cuando la manufactura del producto B se ha puesto en marcha y continúa hasta que la producción esté estable a la capacidad deseada y con una calidad de producto aceptable. Shingo (1983)

- Operación interna

“Es el tiempo que transcurre durante el setup en el cual la producción está parada y, por consiguiente, la máquina está parada, o cuando la máquina se encuentra en marcha con el nuevo producto, pero no se ha conseguido la calidad y estabilidad de proceso requerido. Este es el tiempo de puesta en marcha o run-up, cuando aún no se ha completado el cambio de serie.” Shingo (1983)

- Operación externa

“Es el periodo antes de que la máquina cese la producción para dar paso al setup. Este es el tiempo que, por lo regular, contiene las actividades previas a la detención de la producción.” Shingo (1983)

El tiempo total de cambio de serie se divide en 3 fases como se muestra en la figura 10.

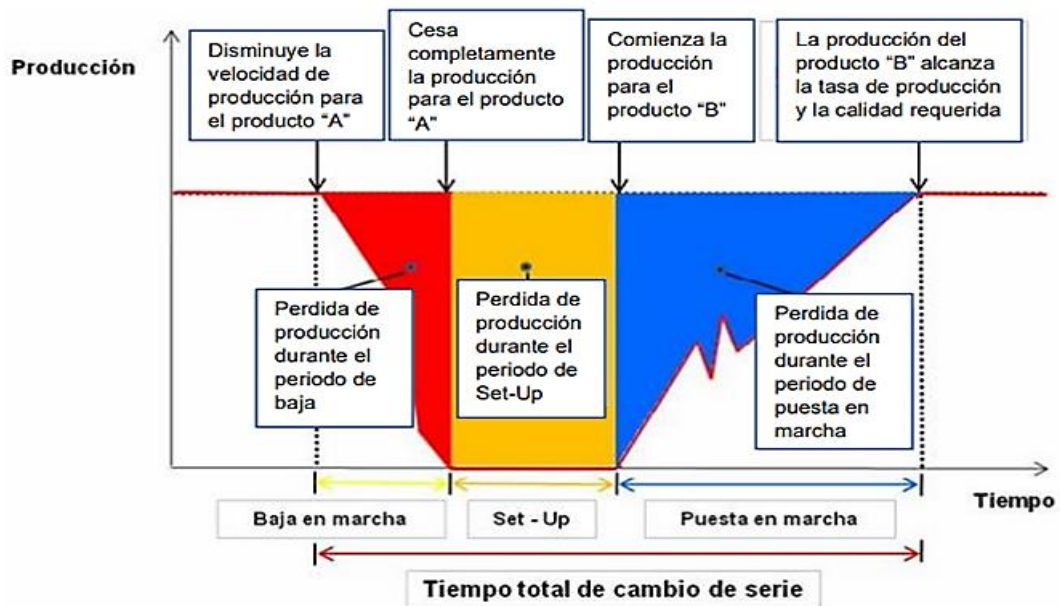


Figura 10. Tiempo total de cambio de serie.

Fuente: SMED aplicado a matrices de conformado en frío en una autopartista, Jesica Müller.

2.5. Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis

En la figura 11, se muestra un mapa conceptual el cual define en que consiste el SMED, los beneficios que esta metodología otorga, las etapas y los pasos que se deben seguir para su implementación.

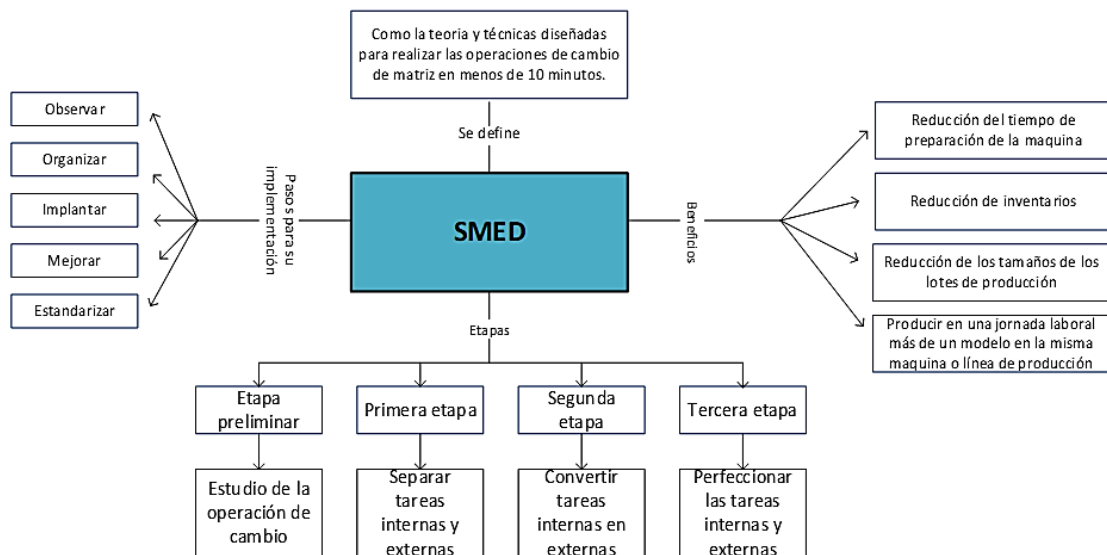


Figura 11. Fundamentos Teóricos que sustentan el sistema SMED.

Fuente: Elaboración propia en el software Microsoft Visio.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

En este capítulo, se definen las hipótesis a tomar en consideración para el desarrollo de la presente investigación.

- Hipótesis general

Si se aplica la metodología SMED, se mejorará la productividad en la empresa de termoformado de envases desechables de plástico.

- Hipótesis específicas

a) Si se identifica y racionaliza las actividades internas y externas, entonces se reducirán los tiempos de cambio de moldes y accesorios.

b) Si se Implementa el trabajo estandarizado, entonces se mejorará el procedimiento de cambio de moldes.

c) Si se implementa el spaguetti chart, entonces se mejorará los tiempos de recorrido.

3.2. Variables

A continuación, se definen las variables a evaluar en esta investigación con el fin de poner la situación problemática en términos tangibles y medibles.

- Variables independientes

a) Metodología SMED

b) Actividades Internas y Externas

c) Trabajo estandarizado

d) Spaguetti Chart

- Variables independientes
 - a) Productividad
 - b) Tiempo de cambio de molde
 - c) Procedimiento de cambio de molde
 - d) Tiempo de transporte de molde
- Indicadores
 - a) Tiempo promedio de cambio de molde
 - b) Tiempo standard de cambio de molde
 - c) Tiempo promedio de transporte de molde

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Enfoque, tipo y nivel de la investigación

En esta sección, se detalla el rumbo que la investigación tiene que tomar para aplicar los conceptos previamente desarrollados en trabajos de metodologías.

- Enfoque de la investigación

Según Fernández, Hernández y Baptista (2014) este enfoque “usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.” (4 p)

El presente trabajo de investigación se desarrolla bajo el enfoque cuantitativo, dado a que se utilizará la estadística para interpretar los datos que se recolectarán a partir de la toma de tiempos que se realizará al cambio de matriz antes de la aplicación del SMED y, el después, mediante el uso de medidas de tendencia central y medidas de variabilidad.

- Tipo de investigación

“El tipo de investigación aplicada tiene como fin principal resolver un problema en un periodo de tiempo corto. Dirigida a la aplicación inmediata mediante acciones concretas para enfrentar el problema. Por tanto, se dirige a la acción inminente y no al desarrollo de la teoría y sus resultados, mediante actividades precisas para resolver el problema.” Chávez (2007) (134 p)

El tipo de investigación es de tipo aplicada, dado que se buscará reducir el tiempo de cambio de matriz a partir de la implementación de la metodología SMED, la cual nos ayudará para cumplir con dicho propósito, y así contribuir con la empresa de estudio.

- Nivel de investigación

Según Hernández, Fernández et Baptista (2014) la investigación explicativa “Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales.

Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables.” (85 p)

El método de investigación a utilizar para la elaboración del presente trabajo será el explicativo debido a que se buscará explicar las causas por el cual se toma tanto tiempo en realizar el cambio de las matrices, teniendo presente que no se sigue un método para la realización de estas.

4.2. Diseño de la investigación

Según Hernández, Fernández et Baptista (2014) sobre la investigación cuasiexperimental se manifiesta que “Manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, sólo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos.” (148p)

Cook & Cambell (1986) consideran que “Las investigaciones cuasiexperimentales como una alternativa a los experimentos de asignación aleatoria. No se puede presumir que los diversos grupos de tratamiento sean inicialmente equivalentes dentro de los límites del error muestral. Sin embargo, si se puede manipular la variable independiente.”

Los métodos cuasiexperimentales que implican la creación de un grupo de comparación se utilizan más a menudo cuando no es posible asignar de manera aleatoria los individuos o grupos a los grupos de tratamiento y los grupos de control. Este es siempre el caso para los diseños de evaluación de impacto pre y post mejora.

El diseño que se consideró para el presente trabajo es el cuasiexperimental debido a que se tienen dos grupos: uno experimental (post mejora) y uno de control (pre mejora) que serán asignados de manera no aleatoria porque los datos tomados en cada grupo tienen una diferencia, y esta es la mejora de los métodos ofrecida por la aplicación del sistema SMED.

4.3. Población y muestra

A continuación, se definen los conceptos de población y muestra, además de la manera en la que se aplicaron dichos conceptos en esta investigación.

- Población

Según Valderrama (2013) se llama población “A un grupo infinito o finito de objetos, elementos o personas que tiene atributos o variables de resultados similares, por ende, son delicados de ser observados.” (182 p)

La población de estudio fue los moldes empleados en el área de producción de descartables, la cual se divide en 5 áreas y, de ellas, se estudió la de vasos y envases con un total de 78 moldes.

- Muestra

Según Valderrama (2013) menciona que, para la demostración de la muestra, “el universo es de carácter finito, por consiguiente, es de suma importancia tener claro la población y así tener la claridad de la cantidad de operaciones que se van a desarrollar para el estudio.” (184 p)

Tipo de muestreo no probabilístico, por conveniencia, porque se seleccionarán aquellos elementos con mayor frecuencia de uso o rotación, esto es los 10 moldes más utilizados del área de vasos y envases.

La muestra seleccionada son los moldes con los que se producen los vasos de polipropileno de 07 oz, 08 oz, 09 oz, 10 oz, 12 oz, 16 oz y envases PET de 06 oz, 08 oz, ½ kg, 1kg, cuyos moldes son de tamaño estándar para las máquinas termoformadoras Fortune del modelo 800, los cuales, para efecto de este estudio, no suponen diferencia alguna en materia de maniobras o tiempos en la operación de cambio de molde, se han colocado las figuras 16, 17 y 18 en el anexo 03 como prueba de que, a pesar de que los moldes tengan diferente cantidad de cavidades debido a sus medidas, tienen las mismas dimensiones 2 x 1 metros y ocupan el mismo espacio en el área de la prensa de las máquinas termoformadoras.

Con el fin de determinar la población y la muestra de la investigación se ha analizado el volumen de producción y la variedad de productos fabricados, ya que de esa manera, se determina en qué área se requieren más cambios de molde dentro de cada periodo, una semana, es por esto que el área de vasos y envases es la más propicia para aplicar el sistema SMED y analizar el grado de reducción del tiempo de cambio de molde con el fin de aumentar el tiempo disponible de producción, y así, aumentar la productividad de dicha área y de toda la empresa si se llega a aplicar en las otras áreas que también lo requieren, pero en menor grado.

Con base en el Diagrama de Pareto presentado en la figura 12, se determinó que el área con mayor volumen y variedad de producción es el área de vasos y envases, por lo que, según la hoja de productos activos del área de vasos y envases, se define la población en 78 moldes y la muestra elegida son los productos con mayor rotación de moldes dentro del mes sumando un total de 10 moldes que fueron utilizados durante este estudio.

Área de la empresa	f	h	H
VEN: Área de vasos y envases	1,774.08	45%	45%
TPL: Área de platos y tapas	985.60	25%	70%
EPM: Área de espumados	591.36	15%	85%
TRM: Área de vasos y envases térmicos	394.24	10%	95%
IYC: Área de cubiertos inyectados	197.12	5%	100%

Donde:
 f: Volumen de producción en millares
 h: Porcentaje
 H: Porcentaje acumulado

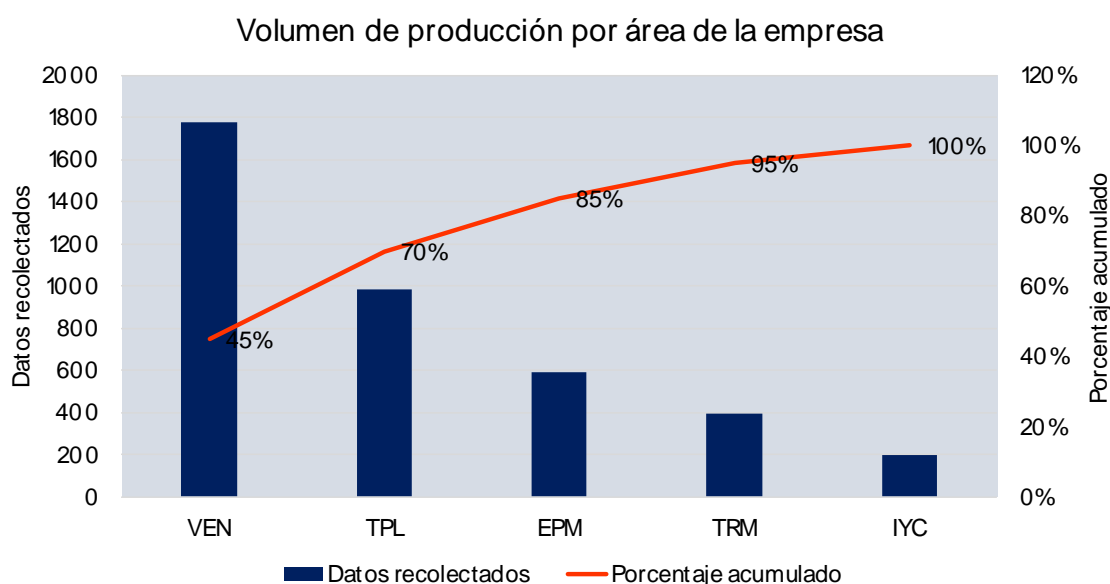


Figura 12. Diagrama de Pareto sobre la selección de la muestra de acuerdo con el volumen de producción.

Fuente: Elaboración propia en el software Microsoft Excel.

El diagrama de Pareto se desarrolló con el fin de determinar la población del área de vasos y envases basándonos en los productos que tienen mayor volumen y variedad de producción, ya que, en esta área es donde se necesita aplicar con mayor prioridad el SMED y se podrían aprovechar los resultados para aplicar este método al resto de las áreas.

A continuación, se organiza la información sobre población y muestra, en la tabla 07, se puede apreciar la población y muestra tanto antes como después de la mejora.

Tabla 07. Cuadro de Población y Muestra

Variable Dependiente	Indicador	Población PRE	Muestra PRE	Población POST	Muestra POST
Tiempo de cambio de molde	Tiempo promedio de cambio de molde	Moldes del área de vasos y envases entre agosto y octubre 2019	vaso 07 oz, vaso 08 oz, vaso 09 oz, vaso 10 oz, vaso 12 oz, vaso 16 oz, envase 06 oz, envase de 08 oz, envase de ½ kg y envase de 1kg entre agosto y octubre del 2019	Moldes del área de vasos y envases entre diciembre del 2019 y febrero del 2020	vaso 07 oz, vaso 08 oz, vaso 09 oz, vaso 10 oz, vaso 12 oz, vaso 16 oz, envase 06 oz, envase de 08 oz, envase de ½ kg y envase de 1kg entre diciembre del 2019 y febrero del 2020
Procedimiento de cambio de molde	Tiempo standard de cambio de molde				
Tiempo de transporte de moldes	Tiempo promedio de transporte				

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que dichos moldes son utilizados para el termoformado de distintos materiales para conseguir los productos en polipropileno, PET y poliestireno.

- Tiempo de cambio de molde y accesorios

Población pre: moldes del área de vasos y envases entre agosto y octubre 2019.

Muestra pre: vaso 07 oz, vaso 08 oz, vaso 09 oz, vaso 10 oz, vaso 12 oz, vaso 16 oz, envase 06 oz, envase 08 oz, envase ½ kg, envase de 1 kg entre agosto y octubre del 2019.

Población post: moldes del área de vasos y envases entre diciembre del 2019 y febrero del 2020.

Muestra post: vaso 07 oz, vaso 08 oz, vaso 09 oz, vaso 10 oz, vaso 12 oz, vaso 16 oz, envase 06 oz, envase 08 oz, envase ½ kg, envase de 1 kg entre diciembre del 2019 y febrero del 2020.

- Procedimiento de cambio de molde

Población pre: moldes del área de vasos y envases entre agosto y octubre 2019.

Muestra pre: vaso 07 oz, vaso 08 oz, vaso 09 oz, vaso 10 oz, vaso 12 oz, vaso 16 oz, envase 06 oz, envase 08 oz, envase ½ kg, envase de 1 kg entre agosto y octubre del 2019.

Población post: moldes del área de vasos y envases entre diciembre del 2019 y febrero del 2020.

Muestra post: vaso 07 oz, vaso 08 oz, vaso 09 oz, vaso 10 oz, vaso 12 oz, vaso 16 oz, envase 06 oz, envase 08 oz, envase ½ kg, envase de 1 kg entre diciembre del 2019 y febrero del 2020.

- Tiempo de transporte de molde

Población pre: moldes del área de vasos y envases entre agosto y octubre 2019

Muestra pre: vaso 07 oz, vaso 08 oz, vaso 09 oz, vaso 10 oz, vaso 12 oz, vaso 16 oz, envase 06 oz, envase 08 oz, envase ½ kg, envase de 1 kg entre agosto y octubre del 2019.

Población post: moldes del área de vasos y envases entre diciembre del 2019 y febrero del 2020.

Muestra post: vaso 07 oz, vaso 08 oz, vaso 09 oz, vaso 10 oz, vaso 12 oz, vaso 16 oz, envase 06 oz, envase 08 oz, envase ½ kg, envase de 1 kg entre diciembre del 2019 y febrero del 2020.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Variable 1: Tiempo de cambio de molde

a) Técnicas e instrumentos

▪ Técnica

Según Hurtado (2007), “la técnica tiene que ver con los procedimientos utilizados para la recolección de datos, pueden clasificarse como revisión documental, observación, encuesta y técnicas sociométricas, entre otras”.

Para Díaz (2017) “Técnica se refiere a los procedimientos que se utiliza en una investigación de manera ordenada y concisa, con la finalidad de obtener resultados o algún fin.” 64 p

Se utilizó la técnica del análisis documental debido a que la empresa de termoformado de envases desechables de plástico cuenta con información acerca de los tiempos de cambio de molde y, con ello, se puede hacer una comparación con los tiempos tomados y registrados posteriormente a la implementación de la metodología SMED.

Además, se utilizó la observación directa, debido a que se tuvo que analizar en tiempo real y de manera detallada el procedimiento que se sigue para el cambio de matriz para corroborar los datos documentados con anterioridad, y así también completar la información faltante como la cantidad de operarios que intervienen para el cambio de matriz, el tiempo que emplean en la realización de las actividades y las herramientas que utilizan para la ejecución de esta.

▪ Instrumento

“Es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en si toda la labor previa de la investigación resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los

indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados.” Carlos Sobrino. 149.150p

Con el registro del contenido del documento “tiempo de cambio de molde” se obtiene la información detallada sobre los tiempos empleados para el cambio de molde.

b) Criterio de validez del instrumento

La validez del registro del contenido del documento tiempo de cambio de molde fue dada por la empresa de termoformado de envases desechables de plástico, quien nos proporcionó la información para poder realizar el análisis de los datos y así hacer una comparación con los datos post a obtener.

c) Criterio de confiabilidad del instrumento

La confiabilidad del registro del contenido del documento tiempo de cambio de molde fue dada por la empresa de termoformado de envases desechables de plástico.

- Análisis documental

El análisis documental es un conjunto de operaciones intelectuales, que buscan describir y representar los documentos de forma unificada sistemática para facilitar su recuperación. Comprende el procesamiento analítico-sintético que, a su vez, incluye la descripción bibliográfica y general de la fuente, la clasificación, indización, anotación, extracción, traducción y la confección de reseñas. García (2002)

- Observación directa

“La observación es la acción de observar, de mirar detenidamente, en el sentido del investigador es la experiencia, es el proceso de mirar detenidamente, o sea, en sentido amplio, el experimento, el proceso de someter conductas de algunas cosas o condiciones manipuladas de acuerdo con ciertos principios para llevar a cabo la observación. Observación significa también el conjunto de cosas observadas, el conjunto de datos y

conjunto de fenómenos. En este sentido, que pudiéramos llamar objetivo, observación equivale a dato, a fenómeno, a hechos.” Pardinás (2005) 89p

- Registro de contenido de documento

La definición de registros para Theodore Schellenberg (1985): "Todos los libros, artículos, mapas, fotografías u otros materiales documentales, sin importar la forma física o características, hechos o recibidos por alguna institución pública o privada, de acuerdo con sus obligaciones legales o en conexión con las transacciones de sus propios asuntos y conservados o apropiados para la preservación, por la institución o los sucesores legítimos, como evidencia de sus funciones, sus políticas, sus decisiones, sus procedimientos, sus operaciones u otras actividades o por el valor informativo de los datos contenidos en ellos". "Registros son documentos hechos o recibidos por una institución de acuerdo con la ley o sus obligaciones específicas, y conservados por dicha institución como evidencia o información"

- Registro de observación

“Los instrumentos y técnicas de evaluación no son neutros, que ellos permiten recortar parte de todo lo posible y hacerlo desde alguna perspectiva, desde un recorte de todo lo posible de ser evaluado.” Tenutto (2001) 60p.

- Variable 2: Procedimiento de cambio de molde

- a) Técnicas e instrumentos

- Técnica

Se utilizó la técnica de observación directa para analizar de manera minuciosa el proceso que se sigue para el cambio del molde.

- Instrumento

Se empleó el registro de observación sobre procedimiento de cambio de molde donde se detalla todo lo referente al procedimiento de cambio de

molde: número de operarios que intervienen, las actividades que se realizan y herramientas a utilizar.

b) Criterio de validez del instrumento

La validez del registro de observación sobre procedimiento de cambio de molde fue dada por la empresa de termoformado de envases desechables de plástico. Previamente se dio a conocer la intención de la recolección de información que se iba a requerir para realizar en análisis correspondiente para poder realizar la comparación luego de implementar el SMED.

c) Criterio de confiabilidad del instrumento

La confiabilidad del registro de observación sobre procedimiento de cambio de molde fue dada por la empresa de termoformado de envases desechables de plástico.

- Variable 3: Tiempo de transporte de molde

a) Técnicas e instrumentos

- Técnica

Se utilizó la técnica de observación directa para analizar de manera minuciosa el recorrido que sigue el montacargas, desde el punto de recojo del molde hasta la máquina de termoformado.

- Instrumento

Se empleó el registro de observación sobre tiempo de transporte de molde en donde se detalla el recorrido que sigue el montacargas, desde el recojo del molde hasta la máquina de termoformado y el tiempo que se emplea en esta actividad.

b) Criterio de validez del instrumento

La validez del registro de observación sobre tiempo de transporte de molde fue dada por la empresa de termoformado de envases desechables de plástico.

c) Criterio de confiabilidad del instrumento

La confiabilidad del registro de observación sobre tiempo de transporte de molde fue dada por la empresa de termoformado de envases desechables de plástico.

En la tabla 08, se muestran las técnicas que se emplearon en el trabajo de investigación y, los instrumentos a utilizar para cada una de ellas.

Tabla 08. Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos.

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Tiempo de cambio de molde	Tiempo promedio de cambio de molde	Análisis documental	Registro de contenido del documento tiempo de cambio de molde
Procedimiento de cambio de molde	Tiempo standard de cambio de molde	Observación directa	Registro de observación sobre procedimiento de cambio de molde
Tiempo de transporte de molde	Tiempo promedio de transporte	Observación directa	Registro de observación sobre documento tiempo de transporte de molde

Fuente: Elaboración Propia.

Mediante la observación directa se realizó un análisis de la situación en la que se encuentra el área de vasos y envases en el área de producción de productos descartables de la empresa de estudio, dado a que se demanda bastante tiempo en el cambio de matriz, por lo que representa un cuello de botella en el proceso de producción. A partir de esta, se podrá recolectar datos respecto al tiempo que toma en realizar dicho cambio y cuáles son las tareas que se llevan a cabo para su ejecución.

4.5. Procedimientos para la recolección de datos

Para la recolección de datos lo primero a realizar, a partir de la observación directa, será determinar cuáles son las actividades que se llevan a cabo en el proceso de cambio de matriz y las herramientas que se emplean en la misma. Seguidamente se procederá a realizar una toma de tiempos de cada actividad del proceso de cambio de molde y del tiempo de transporte del mencionado. Estos se van a recolectar en el registro de contenido del documento tiempo de cambio de molde y tiempo de transporte.

Tabla 09. Procedimientos de Análisis

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	ANÁLISIS INFERENCIAL
Tiempo de cambio de molde	Tiempo promedio de cambio de molde	Escala de proporción o razón	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (varianza, desviación estándar)	Prueba de hipótesis de Wilcoxon
Procedimiento de cambio de molde	Tiempo standard de cambio de molde	Escala de proporción o razón	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (varianza, desviación estándar)	Prueba de hipótesis de T-student para muestras relacionadas
Tiempo de transporte de molde	Tiempo promedio de transporte	Escala de proporción o razón	Tendencia central (media aritmética, mediana y moda). Dispersión (varianza, desviación estándar)	Prueba de hipótesis de Wilcoxon

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Presentación de resultados

La empresa de termoformado de envases desechables de plástico inicia sus actividades industriales en 1996 en su planta ubicada en la avenida Separadora Industrial, Ate, Lima. Luego, gracias a la preferencia de sus clientes y su constante crecimiento, trasladaron la fábrica a San Juan de Lurigancho.

Actualmente se cuenta con una nueva planta de producción de 20,000 metros cuadrados en Lurín, con maquinaria e instalaciones de última generación y su experiencia en manufactura de productos plásticos descartables está plasmada en cada uno de los ítems que forman parte de su portafolio; tanto en diseño, manufactura y empaque, como su servicio post venta, ofreciendo productos de calidad y brindando soluciones óptimas a las necesidades de sus clientes; siempre tratando de superar sus expectativas.

La empresa de termoformado de envases desechables de plástico, para poder aumentar la productividad de sus procesos de fabricación, ya que al tener una alta variedad de productos plásticos, díganse envases descartables para alimentos, requiere cambiar los moldes de las máquinas termoformadoras para producir cada tipo de envase según su demanda, la cual da la información necesaria para diseñar el plan de producción semanal y mensual de la empresa; se enfocó en disminuir el tiempo de cambio de dichos moldes para disponer de más tiempo durante el turno en que se realiza el cambio para poder cumplir con el cronograma de producción de manera más eficiente, con antelación y sin prisas, manteniendo el nivel de existencias requerido para cumplir con la demanda del mercado, el rubro de envases y utensilios plásticos para alimentos para consumo humano.

El proceso de manufactura de los envases plásticos se hace con una bobina de lámina de polipropileno que se coloca en un colgador ubicado en la parte trasera de la máquina y, con unos rodillos se va desenrollando la bobina para alimentar el proceso de termoformado donde el molde les da la forma a los envases y los corta, de manera

que, el producto sale por la bandeja frontal de la de termoformado y los operarios los recogen para su envase inmediato y disponer ya del producto terminado.

Luego de este proceso, se tiene también una malla de polipropileno que se puede reprocesar o desechar de acuerdo con el desgaste térmico del material, si este se quema, ya no es reprocesable y se dispone a desecharlo.

En este proyecto de mejora del tiempo de cambio de molde mediante la herramienta SMED, se evidencia una reducción del tiempo de cambio de molde, el tiempo estándar del proceso de cambio de molde y el tiempo de transporte de molde, para esto, en la figura 10, se han determinado los periodos para hacer las mediciones antes y después de la mejora.

Tabla 10. Periodos de muestreo

Fecha inicio PRE	Fecha fin PRE
AGOSTO 2019	OCTUBRE 2019
Periodo de análisis y mejora	
NOVIEMBRE 2019	
Fecha inicio POST	Fecha fin POST
DICIEMBRE 2019	FEBRERO 2020

Fuente: Elaboración propia.

- Variable Dependiente 01: Tiempo del cambio de molde

Objetivo Específico 01: Identificar y racionalizar las actividades internas y externas para reducir el tiempo de cambio de molde.

Problema Específico 01: ¿Cómo reducir el tiempo del cambio de molde?

- Situación antes de la mejora (pre test)

En la empresa de termoformado de envases desechables de plástico, se venía llevando a cabo el proceso de cambio de molde según el plan de producción, ya que se tiene una cantidad limitada de máquinas y una alta variedad de productos, de los cuales, los más fabricados y pedidos son los

vasos de polipropileno, PET y poliestireno de 07, 08, 09, 10, 12, 16 oz y los envases PET de 06 oz, 08 oz, ½ kg, 1 kg.

Para efecto de este estudio, los moldes utilizados en el área de vasos y envases con las termoformadoras Fortune modelo 800 son del mismo tipo, a pesar de que tengan diferente número y tamaño de cavidades, se tratan de las mismas dimensiones y, por esto, no suponen diferencia alguna en materia de maniobras de la operación de cambio de molde.

A continuación, en la tabla 11, se presentan los tiempos de cambio de molde antes de la mejora.

Tabla 11. Muestra pre mejora para el tiempo de cambio de molde

MUESTRA PRE-TEST			195.3
en minutos			
N.º	CAMBIO DE MOLDE	FECHA	TIEMPO
1	Cambio de vaso 07 oz a vaso 10 oz	15/08/19	196
2	Cambio de vaso 10 oz a vaso 09 oz	22/08/19	198
3	Cambio de vaso 12 oz a vaso 16 oz	29/08/19	195
4	Cambio de vaso 16 oz a envase 06 oz	05/09/19	194
5	Cambio de envase 08 oz a envase 1/2 kg	12/09/19	193
6	Cambio de envase 1/2 kg a vaso 08 oz	19/09/19	194
7	Cambio de vaso 08 oz a vaso 10 oz	26/09/19	196
8	Cambio de vaso 09 oz a envase 1 kg	03/10/19	198
9	Cambio de envase 06 oz a vaso 07 oz	10/10/19	195
10	Cambio de vaso 10 oz a envase 08 oz	17/10/19	194
11	Cambio de vaso 07 oz a vaso 16 oz	24/10/19	193
12	Cambio de envase 1 kg a envase 06 oz	31/10/19	194

Fuente: Elaboración propia.

- **Aplicación de la Teoría: Actividades internas y externas del SMED**
El proceso seguido al implementar la metodología SMED se presenta en la figura 13, la cual menciona 8 etapas para aplicar esta herramienta.

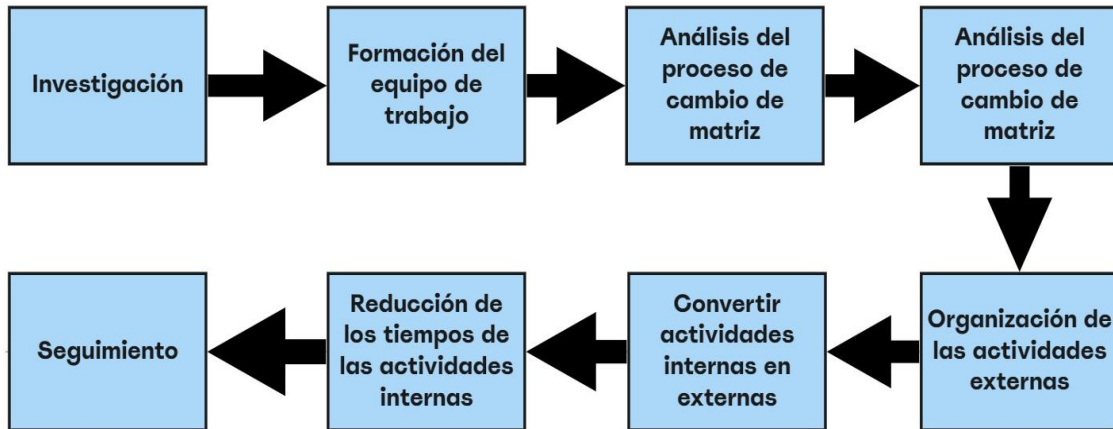


Figura 13. Diagrama de proceso del SMED.

Fuente: Elaboración propia en la plataforma miro.

1. **Investigación:** se tienen que conocer los productos que se producen en la máquina termoformadora, los insumos requeridos para su producción, las herramientas a emplear para la instalación de la matriz, la ubicación tanto de la matriz, herramientas e insumos a utilizar y la cantidad de trabajadores que intervienen en ella.

2. **Formación del equipo de trabajo:** se tiene que designar quienes estarán a cargo de las diversas actividades a realizar para la implementación del SMED:

- Personal encargado del proceso
- Personal encargado de la toma de tiempos de cada actividad
- Personal encargado de analizar el recorrido de la matriz, desde el punto de recojo al punto de destino

3. **Análisis del proceso de cambio de matriz:** se tiene que analizar de manera minuciosa cada una de las actividades que se llevan a cabo en el proceso de cambio de matriz y quienes son los trabajadores que intervienen en ella. El análisis comenzará a partir de la obtención de la última pieza ok de la matriz saliente y, culminará con la obtención de la primera pieza ok

de la matriz entrante. En caso de que no se obtenga una pieza ok de la matriz entrante, se seguirá analizando el proceso hasta obtener una pieza en buenas condiciones.

4. Separación de las actividades internas de las externas: el equipo de trabajo debe analizar todas las actividades que se realizan en el proceso de cambio de matriz y determinar cuáles son internas y externas. Una actividad externa es aquella que se puede realizar con la máquina en marcha, por lo que no afectan al tiempo total del ciclo del proceso.

5. Organización de las actividades externas: debido a que las actividades externas se pueden realizar con la máquina en marcha, se tiene que planificar la manera en que estas se van a llevar a cabo.

6. Convertir las actividades internas en externas: el equipo de trabajo debe determinar cuáles son las actividades que consideran que se pueden convertir a externas, y definir cómo se va a realizar la conversión, quienes van a intervenir en ella y el tiempo de culminación de esta.

7. Reducción de tiempos de las actividades internas: el equipo de trabajo deberá plantear ideas de mejora para la reducción de los tiempos de las actividades internas. Una vez aceptada una de las ideas planteadas, se tendrá que definir el plan de acción a seguir para llevar a cabo esta idea de mejora.

8. Seguimiento: una vez que el plan de acción se lleve a cabo, se le debe realizar un seguimiento para cerciorarse de que no sufra algún tipo de desviación y, en caso de que así sea, tomar las acciones correctivas correspondientes para su estandarización.

- Situación después de la mejora (post test)

Al aplicar el SMED, pudimos notar reducciones considerables en los tiempos de cambio de molde, esto debido a que se eliminaron aquellas actividades que no agregaban valor al proceso. Otro punto importante fue el análisis y separación de las actividades internas de las externas, esto debido, como ya se habló con anterioridad, las actividades internas son

aquellas que sólo se pueden realizar con la máquina parada, a comparación de las externas que se pueden realizar con la máquina en marcha, por lo que se buscó la manera de como convertir las actividades internas en externas y, con ello, poder reducir en lo mínimo las paradas de máquina por algún tipo de manipulación y/o cambio a realizarle.

A continuación, en la tabla 12, se presentan los tiempos de cambio de molde después de la mejora.

Tabla 12. Muestra post mejora para el tiempo de cambio de molde.

MUESTRA POST-TEST			123.6
en minutos			
N.º	CAMBIO DE MOLDE	FECHA	TIEMPO
1	Cambio de vaso 16 oz a vaso 09 oz	01/12/20	125
2	Cambio de envase 06 oz a envase 1/2 kg	08/12/20	126
3	Cambio de envase 08 oz a envase 1 kg	15/12/20	123
4	Cambio de vaso 09 oz a vaso 12 oz	22/12/20	124
5	Cambio de envase 1/2 kg a vaso 07 oz	29/12/20	120
6	Cambio de envase 1 kg a vaso 10 oz	05/01/20	120
7	Cambio de vaso 08 oz a vaso 16 oz	12/01/20	125
8	Cambio de vaso 07 oz a envase 1 kg	19/01/20	126
9	Cambio de vaso 10 oz a envase 1/2 kg	26/01/20	123
10	Cambio de envase 1/2 kg a envase 06 oz	02/02/20	124
11	Cambio de envase 1 kg a vaso 09 oz	09/02/20	120
12	Cambio de vaso 16 oz a vaso 12 oz	16/02/20	120

Fuente: Elaboración propia.

- Variable Dependiente 02: Procedimiento del cambio de molde

Objetivo específico 02: Implementar el trabajo estandarizado para mejorar el procedimiento de cambio de molde.

Problema Específico 02: ¿Cómo mejorar el procedimiento del cambio de molde?

- Situación antes de la mejora (pre test)

Antes de la aplicación del SMED, no había un orden respecto a la realización de las actividades del proceso de cambio de matriz, por ello se optó por utilizar la herramienta del Lean Manufacturing “trabajo estandarizado”. En la tabla 13, se presentan los tiempos estándar de cambio de molde antes de la mejora.

Tabla 13. Muestra pre mejora para el procedimiento del cambio de molde.

MUESTRA PRE-TEST			117.0
en minutos			
N.º	CAMBIO DE MOLDE	FECHA	TIEMPO
1	Cambio de vaso 07 oz a vaso 10 oz	15/08/19	117
2	Cambio de vaso 10 oz a vaso 09 oz	22/08/19	118
3	Cambio de vaso 12 oz a vaso 16 oz	29/08/19	119
4	Cambio de vaso 16 oz a envase 06 oz	05/09/19	116
5	Cambio de envase 08 oz a envase 1/2 kg	12/09/19	115
6	Cambio de envase 1/2 kg a vaso 08 oz	19/09/19	118
7	Cambio de vaso 08 oz a vaso 10 oz	26/09/19	117
8	Cambio de vaso 09 oz a envase 1 kg	03/10/19	119
9	Cambio de envase 06 oz a vaso 07 oz	10/10/19	115
10	Cambio de vaso 10 oz a envase 08 oz	17/10/19	116
11	Cambio de vaso 07 oz a vaso 16 oz	24/10/19	117
12	Cambio de envase 1 kg a envase 06 oz	31/10/19	117

Fuente: Elaboración propia.

- Aplicación de la Teoría: Trabajo Estandarizado

Para hablar de trabajo estandarizado es necesario hace alusión al ciclo de Deming que define paso a paso los procesos de mejora como se puede observar en la figura 14.

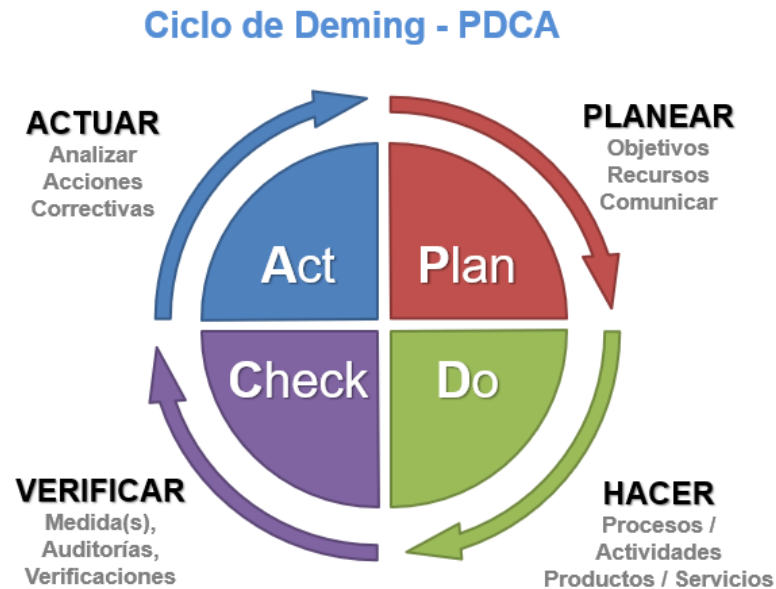


Figura 14. Diagrama del ciclo de Deming para el trabajo estandarizado.

Fuente: Artículo de WordPress: El Ciclo de Deming: La gestión y mejora de procesos.

1. Planificar: se debe establecer la manera en cómo se llevará a cabo el proceso de cambio de matriz, para ello previamente se analizará la forma en la que se realiza el cambio de matriz antes de la aplicación del SMED. Ello nos ayudará a determinar qué actividades agregan valor al proceso y cuáles no.

2. Hacer: una vez establecido el plan de acción a seguir para el proceso de cambio de matriz, se procederá a ejecutarlo.

3. Verificar: se realizará un seguimiento del plan de acción establecido, para determinar la reducción de las desviaciones a partir del análisis estadístico.

4. Actuar: en caso de presentarse anomalías y/o defectos en el proceso, se procederá a tomar las acciones correctivas necesarias para su eliminación y así mejorar el desempeño del proceso de cambio de matriz.

- Situación después de la mejora (post test)

Al aplicar la herramienta del Lean Manufacturing “trabajo estandarizado”, se consiguió reducir las desviaciones que presentó el proceso, obteniendo así resultados más uniformes como se puede apreciar en la tabla 14.

Tabla 14. Muestra post mejora para el procedimiento del cambio de molde.

MUESTRA POST-TEST			72.0
en minutos			
N.º	CAMBIO DE MOLDE	FECHA	TIEMPO
1	Cambio de vaso 16 oz a vaso 09 oz	01/12/19	72
2	Cambio de envase 06 oz a envase 1/2 kg	08/12/19	71
3	Cambio de envase 08 oz a envase 1 kg	15/12/19	70
4	Cambio de vaso 09 oz a vaso 12 oz	22/12/19	74
5	Cambio de envase 1/2 kg a vaso 07 oz	29/12/19	74
6	Cambio de envase 1 kg a vaso 10 oz	05/01/20	73
7	Cambio de vaso 08 oz a vaso 16 oz	12/01/20	72
8	Cambio de vaso 07 oz a envase 1 kg	19/01/20	70
9	Cambio de vaso 10 oz a envase 1/2 kg	26/01/20	73
10	Cambio de envase 1/2 kg a envase 06 oz	02/02/20	71
11	Cambio de envase 1 kg a vaso 09 oz	09/02/20	74
12	Cambio de vaso 16 oz a vaso 12 oz	16/02/20	73

Fuente: Elaboración propia.

- Variable Dependiente 03: Tiempo de transporte de molde

Problema Específico 03: ¿Cómo mejorar el tiempo de transporte de molde?

Objetivo específico 03: Implementar el Spaguetti Chart para mejorar el tiempo de transporte de molde.

- Situación Antes (Pre Test)

Antes de la implementación del Spaguetti Chart, no había un recorrido específico del punto donde se encontraba los moldes hasta la máquina, por

lo que había recorridos necesarios que se realizan con el montacarga. A esto último se le suma la complicada situación que es el solicitar el montacargas para transportar el molde sin la debida anticipación, ya que casi todos los montacargas estaban siendo utilizados en el patio de maniobras y en planta para mover los productos recién fabricados al almacén de producto terminados y del almacén del patio a los camiones de carga en la entrada de la empresa. Además, no se contaba con un plan de mantenimiento preventivo, puesto que el balón de gas que requieren los montacargas para operar no se pedía apenas se quedaban sin combustible. En la tabla 15 se presentan los tiempos de transporte de molde antes de la mejora realizada en durante este estudio.

Tabla 15. Muestra pre mejora para el tiempo de transporte de molde.

MUESTRA PRE-TEST		33.8	
en minutos			
N.º	CAMBIO DE MOLDE	FECHA	TIEMPO
1	Cambio de vaso 07 oz a vaso 10 oz	15/08/19	34
2	Cambio de vaso 10 oz a vaso 09 oz	22/08/19	35
3	Cambio de vaso 12 oz a vaso 16 oz	29/08/19	30
4	Cambio de vaso 16 oz a envase 06 oz	05/09/19	34
5	Cambio de envase 08 oz a envase 1/2 kg	12/09/19	33
6	Cambio de envase 1/2 kg a vaso 08 oz	19/09/19	32
7	Cambio de vaso 08 oz a vaso 10 oz	26/09/19	36
8	Cambio de vaso 09 oz a envase 1 kg	03/10/19	35
9	Cambio de envase 06 oz a vaso 07 oz	10/10/19	35
10	Cambio de vaso 10 oz a envase 08 oz	17/10/19	34
11	Cambio de vaso 07 oz a vaso 16 oz	24/10/19	33
12	Cambio de envase 1 kg a envase 06 oz	31/10/19	32

Fuente: Elaboración propia.

- Aplicación de la Teoría: Spaghetti Chart

Diagrama de espaguetis, tabla de espaguetis, modelo de espaguetis o también diagrama de espagueti es un método para ver el movimiento del objeto en el sistema con la ayuda de una línea. El objeto móvil estudiado puede ser un trabajador, material, etc. Un sistema en el que dicho objeto

se mueve puede ser un área de producción, parte de un edificio o taller. El resultado parecido a los espaguetis es lo que le da su nombre.

Mediante el uso del diagrama de espaguetis, se puede rastrear la ruta de movimiento de productos, trabajadores, productos intermedios, etc. También es posible utilizar diferentes colores para diversos productos, trabajadores o medios técnicos y realizar un seguimiento del movimiento en diferentes momentos. Tras el análisis se puede identificar las longitudes de movimiento, número de movimientos, movimientos superpuestos y cruzados y sus características según la clasificación elegida. Aplicando el resultado del diagrama de Espaguetis, se puede identificar movimientos ineficientes y áreas ineficaces, eliminar el número de personal y realizar cambios en la organización del trabajo o el diseño de la estación de trabajo. En esta investigación, se ha aplicado este diagrama para poder entender de qué manera se hace el transporte del molde para poder reducir los cuellos de botella anteriormente mencionados como solicitudes, disponibilidad y mantenimiento preventivo.

Para esto, se han trazado todas las posibles rutas a seguir por el montacargas desde el punto de partida hasta el punto final del recorrido como se puede observar en la figura 15.

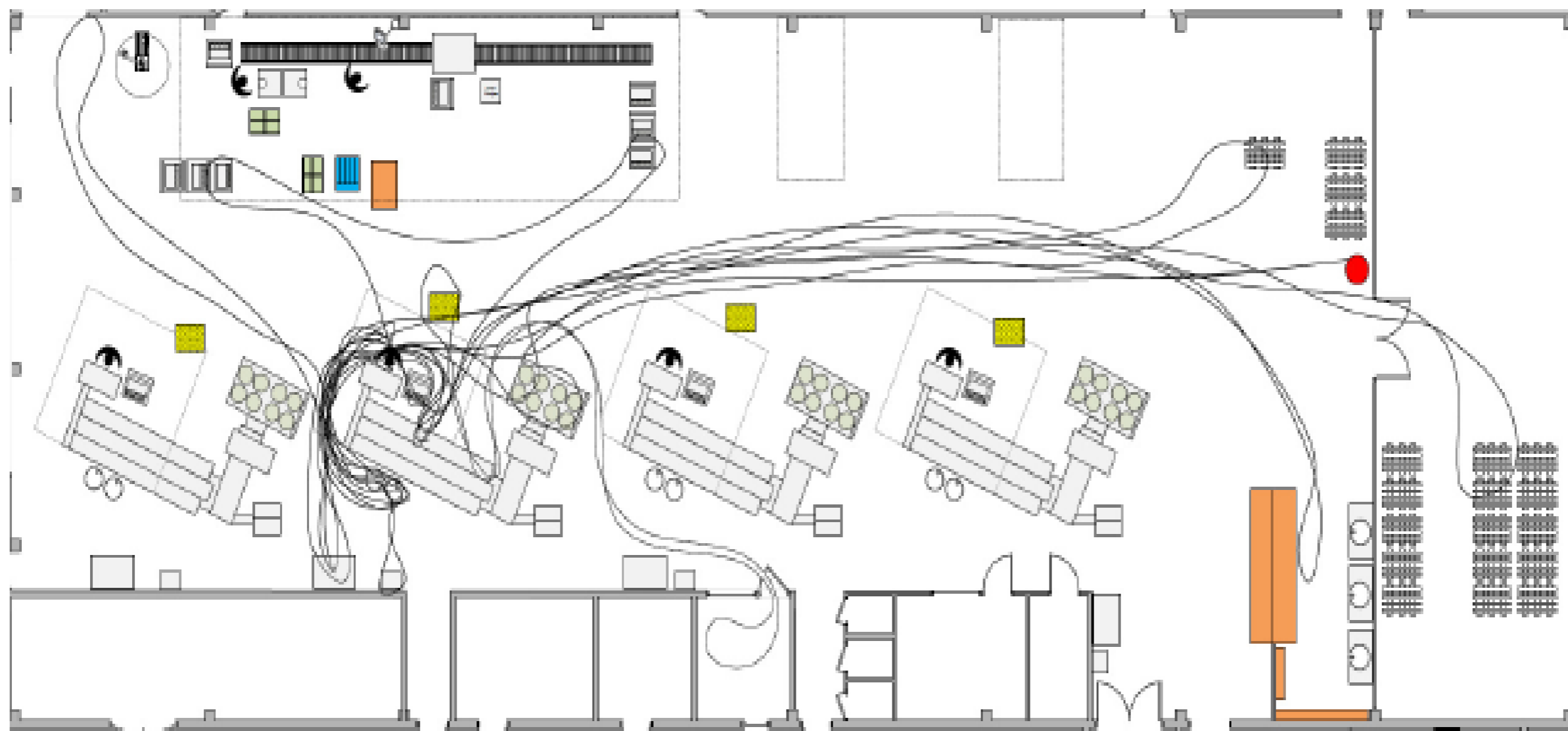


Figura 15. Diagrama de Spaghetti del área de vasos y envases.

Fuente: Registros de la empresa termoformadora.

- Situación después de la mejora (post test)

Después de implementar el Spaguetti Chart ha habido una reducción en los tiempos de transporte del molde debido a que existe un recorrido específico el que debe seguir el trabajador que va a trasladar la matriz desde su punto de origen hasta la máquina.

Para haber hecho esto posible previamente lo que hizo fue analizar el recorrido que realizaba el trabajador desde el punto de origen (almacén) hasta el punto final (máquina), para identificar si se podía mejorar la ruta que éste seguía y/o cambiar la ubicación de los moldes y herramientas, de tal forma que el trabajador realizara el menor recorrido posible, reduciendo así el tiempo de transporte de los ya mencionados anteriormente como se evidencia en la tabla 16.

Tabla 16. Muestra post mejora para el tiempo de transporte del molde.

MUESTRA POST-TEST			31.8
en minutos			
N.º	CAMBIO DE MOLDE	FECHA	TIEMPO
1	Cambio de vaso 16 oz a vaso 09 oz	01/12/19	32
2	Cambio de envase 06 oz a envase 1/2 kg	08/12/19	31
3	Cambio de envase 08 oz a envase 1 kg	15/12/19	33
4	Cambio de vaso 09 oz a vaso 12 oz	22/12/19	32
5	Cambio de envase 1/2 kg a vaso 07 oz	29/12/19	31
6	Cambio de envase 1 kg a vaso 10 oz	05/01/20	31
7	Cambio de vaso 08 oz a vaso 16 oz	12/01/20	32
8	Cambio de vaso 07 oz a envase 1 kg	19/01/20	31
9	Cambio de vaso 10 oz a envase 1/2 kg	26/01/20	33
10	Cambio de envase 1/2 kg a envase 06 oz	02/02/20	32
11	Cambio de envase 1 kg a vaso 09 oz	09/02/20	31
12	Cambio de vaso 16 oz a vaso 12 oz	16/02/220	31

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en las tablas 17 y 18, se presentan los cuadros de resumen de resultados con sus respectivas reducciones en minutos y en porcentajes.

Tabla 17. Cuadro de resumen de la investigación.

	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
Problema específico 1: ¿Cómo reducir el tiempo del cambio de molde?	HE01. Si se identifica y racionaliza las actividades internas y externas, entonces se reducirán el tiempo de cambio de molde.	Actividades Internas y Externas	Tiempo de cambio de molde	Tiempo promedio de cambio de molde (en minutos)
Problema específico 2: ¿Cómo mejorar el procedimiento del cambio de molde?	HE02. Si se implementa el trabajo estandarizado, entonces se mejorará el procedimiento de cambio de molde.	Trabajo Estandarizado	Procedimiento de cambio de molde	Tiempo standard de cambio de molde (en minutos)
Problema específico 3: ¿Cómo mejorar el tiempo de transporte de molde?	HE03. Si se implementa el spaguetti chart, entonces se reducirán el tiempo de transporte de molde.	Spaguetti Chart	Tiempo de transporte de molde	Tiempo promedio de transporte de molde (en minutos)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Cuadro de resumen de resultados.

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD	PRETEST	POSTEST	VARIACIÓN	%	DIFERENCIA
Tiempo de cambio de molde	Tiempo promedio de cambio de molde (en minutos)	195.3	123.6	-71.7	-37%	Disminuyó en 37%
Procedimiento de cambio de molde	Tiempo standard de cambio de molde (en minutos)	117.0	72.0	-45.0	-38%	Disminuyó en 33%
Tiempo de transporte de molde	Tiempo promedio de transporte de molde (en minutos)	33.8	31.8	-2.0	-6%	Disminuyó en 6%

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Análisis de resultados

- Generalidades

En este subcapítulo se detallan los datos de las muestras en sus estados pre test y post test a fin de poder constatar la comparación del resultado de estas muestras a través del análisis de estadística inferencial proyectado en cada una de las hipótesis específicas de la investigación. La validez de nuestros resultados se verá reflejada en las pruebas de normalidad e hipótesis aplicando el software estadístico IBM SPSS.

- Prueba de hipótesis: (aplica para las tres hipótesis específicas)

Para las pruebas de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

H0: Hipótesis Nulas – Los datos de la muestra SI siguen una distribución normal

H1: Hipótesis Alterna – los datos de la muestra NO siguen una distribución normal

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

- Regla de decisión:

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor a 5,00% (Sig. > 0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal.

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor o igual al 5,00% (Sig. \leq 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H1). Por lo tanto, los datos de la muestra NO siguen una distribución normal.

- Contrastación de hipótesis (aplica para las tres variables)

Para la contrastación de hipótesis se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

H0: Hipótesis Nula – NO existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test.

H1: Hipótesis Alterna – SI existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test.

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

- Regla de decisión:

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor a 5,00% (Sig. > 0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0), o lo que es lo mismo, se rechaza la hipótesis del investigador. Por lo tanto: NO se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador.

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor o igual al 5,00% (Sig. \leq 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H1), o lo que es lo mismo, se acepta la hipótesis del investigador. Por lo tanto: SI se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador.

- Primera hipótesis específica (H1):

H1: Si se implementa la metodología SMED, entonces se reduce el tiempo de cambio de molde.

1. Prueba de normalidad

Se han tomado como datos pre test los tiempos del procedimiento de cambio de molde antes de la implementación del SMED y, por consiguiente, los datos post test fueron tomados posteriormente de la implementación del SMED.

A continuación, en la tabla 19, se presentan los tiempos de cambio de molde antes de la mejora.

Tabla 19. Datos de muestra pre test desde agosto a octubre del 2019.

Problema Específico 01:		¿Cómo reducir el tiempo del cambio de molde?
Variable Dependiente 01:		Tiempo del cambio de molde
Muestra Pre Test		195.3
Nº	FECHA	TIEMPO (min.)
1	15/08/2019	196
2	22/08/2019	198
3	29/08/2019	195
4	05/09/2019	194
5	12/09/2019	193
6	19/09/2019	194
7	26/09/2019	196
8	03/10/2019	198
9	10/10/2019	195
10	17/10/2019	194
11	24/10/2019	193
12	31/10/2019	194

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la tabla 20, se presentan los tiempos de cambio de molde después de la mejora.

Tabla 20. Datos de muestra post test desde diciembre del 2019 a febrero del 2020.

Problema Específico 01:		¿Cómo reducir el tiempo del cambio de molde?
Variable Dependiente 01:		Tiempo del cambio de molde
Muestra Post Test		123.6
Nº	FECHA	TIEMPO (min.)
1	01/12/2019	125
2	08/12/2019	126
3	15/12/2019	123
4	22/12/2019	124
5	29/12/2019	120
6	05/01/2020	120
7	12/01/2020	125
8	19/01/2020	126
9	26/01/2020	123
10	02/02/2020	124
11	09/02/2020	120
12	16/02/2020	120

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la tabla 21, se presentan resultados de la prueba de normalidad.

Tabla 21. Pruebas de normalidad.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo cambio de molde pre	0.221	12	0.109	0.881	12	0.090
Tiempo cambio de molde post	0.227	12	0.090	0.849	12	0.035

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en el software IBM SPSS.

- Las pruebas de normalidad más relevantes:

Donde: n = número de datos de la muestra.

Test de Shapiro-Wilks: $n \leq 50$

Test de Kolmogorov-Smirnov: $n > 50$

Debido a que el número de datos de nuestra muestra es inferior a 50, se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks.

- Reglas de decisión

Si $\text{Sig.} \leq 0.05$, la distribución NO es normal.

Si $\text{Sig.} > 0.05$, la distribución SI es normal.

Muestra pre test: $\text{Sig.} = 0.090 > 0.05$, la distribución SI es normal.

Muestra post test: $\text{Sig.} = 0.035 \leq 0.05$, la distribución NO es normal.

2. Contrastación de hipótesis

Haciendo uso de la prueba de hipótesis, se va a demostrar que nuestra hipótesis tiene validez o el enunciado es razonable.

- Hipótesis específica (H1)

Si se implementa la metodología SMED, entonces se reducirá el tiempo de cambio de molde

- Validez de la Hipótesis específica

H0: si se implementa la metodología SMED, entonces NO se reducirá el tiempo de cambio de molde

H1: si se implementa la metodología SMED, entonces SÍ se reducirá el tiempo de cambio de molde

- Interpretación de la primera hipótesis específica:

Haciendo uso del software estadístico SPSS se realizó la prueba de hipótesis. Para empezar, se determina si los datos siguen una distribución normal o no, esto se consigue haciendo una comparación de la significancia (Sig.) de nuestros datos pre y post. En nuestro caso, la sig. De nuestros datos pre es mayor al 0.05, esto quiere decir que sigue una distribución normal, y la de nuestros datos post, es menor al 0.05, por lo que no sigue una distribución normal. Por teoría, si una de las muestras no sigue una distribución normal, entonces se concluye que ambas no siguen una distribución normal, por lo que se realiza la prueba de hipótesis de Wilcoxon.

A continuación, en la tabla 22, se observa los resultados de la prueba de hipótesis que arroja el SPSS.

Tabla 22. Resultado de prueba de hipótesis.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Tiempo de cambio de molde pre y Tiempo de cambio de molde post es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.	0.002	Rechazar la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas

El nivel de significación es de .05

Fuente: Elaboración propia en el software IBM SPSS.

Teniendo en consideración las Reglas de decisión en la prueba de hipótesis, se tiene que:

$\alpha = 0.05$ (5.0% nivel de significancia) (95% nivel de confianza)

Si $\text{Sig.} > 0.05$ (5.0%), se acepta la hipótesis nula (H_0)

Si $\text{Sig.} \leq 0.05$ (5.0%), se acepta la hipótesis alterna (H_1)

Según los resultados obtenidos del SPSS, la Sig. obtenida es menor a 0.05 (5.0%), por lo que se acepta la prueba del investigador.

Al aceptar la hipótesis alterna (H_1) se concluye que al implementar la metodología SMED, se reduce el tiempo de cambio de molde.

3. Estadísticos descriptivos

En la tabla 23 se muestran los principales estadísticos descriptivos respecto a los datos de la muestra de la primera variable, tiempo de cambio de molde.

Tabla 23. Resultados descriptivos de muestras pre test y post test.

Estadísticos Descriptivos			
		Estadístico	Desv. Error
Tiempo cambio de molde pre	Media	195	0.492
	Mediana	194.5	
	Varianza	2.909	
	Desv. Desviación	1.706	
Tiempo cambio de molde post	Media	123	0.696
	Mediana	123.5	
	Varianza	5.818	
	Desv. Desviación	2.412	

Fuente: Elaboración propia en el software IBM SPSS.

- Segunda hipótesis específica (H2):

H2: Si se implementa la metodología SMED, entonces se reduce el tiempo del procedimiento de cambio de molde.

1. Prueba de normalidad

Se han tomado como datos pre test los tiempos del procedimiento de cambio de molde antes de la implementación del SMED y, por consiguiente, los datos post test fueron tomados posteriormente de la implementación del SMED. (Ver tabla 24)

A continuación, en la tabla 24, se presentan los tiempos del proceso estándar de cambio de molde antes de la mejora.

Tabla 24. Datos de muestra pre test desde agosto a octubre del 2019

Variable Dependiente 02:		Procedimiento del cambio de molde
Muestra Pre Test		117.0
N.º	FECHA	TIEMPO (min.)
1	15/08/2019	117
2	22/08/2019	118
3	29/08/2019	119
4	05/09/2019	116
5	12/09/2019	115
6	19/09/2019	118
7	26/09/2019	117
8	03/10/2019	119
9	10/10/2019	115
10	17/10/2019	116
11	24/10/2019	117
12	31/10/2019	117

Fuente: Elaboración propia en el software IBM SPSS.

A continuación, en la tabla 25, se presentan los tiempos del proceso estandarizado de cambio de molde después de la mejora.

Tabla 25. Datos de muestra post test desde diciembre de 2019 a febrero del 2020.

Variable Dependiente 02:		Procedimiento del cambio de molde
Muestra post test		72.0
N ^o	FECHA	TIEMPO (min.)
1	01/12/2019	72
2	08/12/2019	71
3	15/12/2019	70
4	22/12/2019	74
5	29/12/2019	74
6	05/01/2020	73
7	12/01/2020	72
8	19/01/2020	70
9	26/01/2020	73
10	02/02/2020	71
11	09/02/2020	74
12	16/02/2020	73

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la tabla 26, se presentan resultados de la prueba de normalidad.

Tabla 26. Resultado de la prueba de normalidad.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Procedimiento cambio de molde Pre Test	0.167	12	0.200*	0.927	12	0.354
Procedimiento cambio de molde Post Test	0.193	12	0.200*	0.897	12	0.145

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en el software IBM SPSS.

- Las pruebas de normalidad más relevantes:

Donde: n = número de datos de la muestra.

Test de Shapiro-Wilks: $n \leq 50$

Test de Kolmogorov-Smirnov: $n > 50$

Debido a que el número de datos de nuestra muestra es inferior a 50, se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks.

- Reglas de decisión

Si $\text{Sig.} > 0.05$, la distribución NO es normal.

Si $\text{Sig.} \leq 0.05$, la distribución SI es normal.

Muestra pre test: $\text{Sig.} = 0.354 > 0.05$, la distribución SI es normal.

Muestra post test: $\text{Sig.} = 0.145 > 0.05$, la distribución SI es normal.

2. Contrastación de hipótesis

Haciendo uso de la prueba de hipótesis. se va a demostrar si los datos de nuestra muestra tienen validez o el enunciado es razonable.

- Hipótesis específica (H2)

Si se implementa la metodología SMED. entonces se reducirá el tiempo del procedimiento de cambio de molde.

- Validez de la Hipótesis específica

H0: si se implementa la metodología SMED. entonces NO se reducirá el tiempo del procedimiento de cambio de molde.

H1: si se implementa la metodología SMED. entonces SÍ se reducirá el tiempo del procedimiento de cambio de molde.

- Interpretación de la segunda hipótesis específica:

Haciendo uso del software estadístico SPSS, se realizó la prueba de hipótesis. Para empezar, se determina si los datos siguen una distribución normal o no, esto se consigue haciendo una comparación de la significancia (Sig.) de nuestros datos pre y post. Para nuestra hipótesis específica 2, la significancia (Sig.) de nuestros datos tanto pre y post son mayores al 0.05, esto quiere decir que ambas muestras siguen una distribución normal. Por teoría, si ambas muestras siguen una distribución

normal, la prueba de hipótesis a realizar es la T-student muestra relacionadas. Esto es así porque desde un principio se determinó que las muestras son relacionadas dado a que para la ejecución del procedimiento de cambio de molde intervienen los mismos trabajadores y la cantidad de datos tomados es la misma.

A continuación, se observan los resultados de la prueba de hipótesis que arroja el SPSS en la tabla 27.

Tabla 27. Resultado de prueba de hipótesis.

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Procedimiento cambio molde Pre - Procedimiento cambio de molde Post	44.750	2.598	0.750	43.099	46.401	59.667	11	0.000

Fuente: Elaboración propia en el software IBM SPSS.

Teniendo en consideración las reglas de decisión en la prueba de hipótesis, se tiene:

$\alpha = 0.05$ (5.0% nivel de significancia) (95% nivel de confianza)

Si $\text{Sig.} \leq 0.05$ (5.0%), se acepta la hipótesis nula (H_0)

Si $\text{Sig.} > 0.05$ (5.0%), se acepta la hipótesis alterna (H_1)

Según los resultados obtenidos del SPSS. la Sig. obtenida es de menor al 5.00%. por consiguiente. se acepta la hipótesis del investigador.

Al aceptar la hipótesis alterna (H_1) se concluye que al implementar la metodología SMED. se reduce el tiempo del procedimiento de cambio de molde.

3. Estadísticos descriptivos

En la tabla 28 se muestran los principales estadísticos descriptivos respecto a los datos de la muestra de la segunda variable, procedimiento de cambio de molde.

Tabla 28. Resultados descriptivos de muestras pre test y post test.

Estadísticos Descriptivos			
		Estadístico	Desv. Error
Procedimiento del cambio de molde pre	Media	195.00	0.492
	Mediana	194.50	
	Varianza	2.909	
	Desv. Desviación	1,706	
Procedimiento del cambio de molde post	Media	123.00	0.696
	Mediana	123.50	
	Varianza	5.818	
	Desv. Desviación	2.412	

Fuente: Elaboración propia en el software SPSS.

- Tercera hipótesis específica (H3):

H3: si se implementa la metodología SMED entonces se reducirá el tiempo de transporte del molde.

1. Pruebas de normalidad

Se han tomado como datos pre test los tiempos de cambio de molde antes de la implementación del SMED y. por consiguiente. los datos post test fueron tomados posteriormente implementando el SMED.

A continuación, en la tabla 29, se presentan los tiempos de transporte de molde antes de la mejora.

Tabla 29. Datos de muestra pre test tomados desde agosto a octubre del 2019

Variable Dependiente 03:		Tiempo de transporte de molde
Muestra pre test		33.8
N.º	FECHA	TIEMPO (min.)
1	15/08/2019	34
2	22/08/2019	35
3	29/08/2019	30
4	05/09/2019	34
5	12/09/2019	33
6	19/09/2019	32
7	26/09/2019	36
8	03/10/2019	35
9	10/10/2019	35
10	17/10/2019	34
11	24/10/2019	33
12	31/10/2019	32

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la tabla 30, se presentan los tiempos de transporte de molde después de la mejora.

Tabla 30. Datos de muestra post test desde diciembre del 2019 a febrero del 2020.

Variable Dependiente 03:		Tiempo de transporte de molde
Muestra Post Test		31.8
N.º	FECHA	TIEMPO
1	01/12/2019	32
2	08/12/2019	31
3	15/12/2019	33
4	22/12/2019	32
5	29/12/2019	31
6	05/01/2020	31
7	12/01/2020	32
8	19/01/2020	31
9	26/01/2020	33
10	02/02/2020	32
11	09/02/2020	31
12	16/02/2020	31

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la tabla 31, se presentan resultados de la prueba de normalidad.

Tabla 31. Resultado de prueba de normalidad.

	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de transporte de molde Pre	0.181	12	0.200*	0.942	12	0.522
Tiempo de transporte de molde Post	0.304	12	0.003	0.777	12	0.005

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en el software IBM SPSS.

- Las pruebas de normalidad más relevantes:

Donde: n = número de datos de la muestra.

Test de Shapiro-Wilks: $n \leq 50$

Test de Kolmogorov-Smirnov: $n > 50$

Debido a que el número de datos de nuestra muestra es inferior a 50, se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks.

- Reglas de decisión

Si $\text{Sig.} \leq 0.05$, la distribución NO es normal.

Si $\text{Sig.} > 0.05$, la distribución SI es normal.

Muestra pre test: $\text{Sig.} = 0.090 > 0.05$, la distribución SI es normal.

Muestra post test: $\text{Sig.} = 0.035 \leq 0.05$, la distribución NO es normal.

2. Contrastación de hipótesis

Haciendo uso de la prueba de hipótesis. se va a demostrar que nuestras hipótesis tienen validez o el enunciado es razonable.

- Hipótesis específica (H1)

Si se implementa la metodología SMED, entonces se reduce el tiempo de transporte del molde.

- Validez de la Hipótesis específica

H0: si se implementa la metodología SMED, entonces NO se reduce el tiempo de transporte del molde.

H1: si se implementa la metodología SMED, entonces SÍ se reduce el tiempo de transporte del molde.

- Interpretación de la tercera hipótesis específica

Haciendo uso del software estadístico SPSS, se puede realizar la prueba de hipótesis. Para empezar, se determina si los datos siguen una distribución normal o no, esto se consigue haciendo una comparación de la significancia (Sig.) de nuestros datos pre y post. En nuestro caso, la significancia (Sig.) de nuestros datos pre es mayor al 0.05, esto quiere decir que sigue una distribución normal, y la de nuestros datos post, es menor al 0.05, por lo que no sigue una distribución normal. Por teoría, si una de las muestras no sigue una distribución normal, entonces se concluye que ambas no siguen una distribución normal, por lo que se realiza la prueba de hipótesis de Wilcoxon.

En la tabla 32 se muestran los principales estadísticos descriptivos respecto a los datos de la muestra de la segunda variable, procedimiento de cambio de molde.

Tabla 32. Estadísticos descriptivos para las muestras pre test y post test

Estadísticos Descriptivos			
		Estadístico	Desv. Error
Tiempo de transporte de molde pre	Media	33.58	0.484
	Mediana	34.00	
	Varianza	2.909	
	Desv. Desviación	1.706	
Tiempo de transporte de molde post	Media	123.00	0.225
	Mediana	31.50	
	Varianza	0.606	
	Desv. Desviación	0.778	

Fuente: Elaboración propia en el software IBM SPSS.

Teniendo en consideración las reglas de decisión en la prueba de hipótesis, se obtiene que:

Según los resultados obtenidos del SPSS, la Sig. obtenida es de 0.017, por consiguiente. se acepta la hipótesis del investigador.

Al aceptar la hipótesis alterna (H1) se concluye que al implementar la metodología SMED, se reduce el tiempo de cambio de molde como se muestra en la tabla 33.

Tabla 33. Resumen de la prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Tiempo de cambio de molde pre y Tiempo de cambio de molde post es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas.	0.017	Rechazar la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas

El nivel de significación es de .05

Fuente: Elaboración propia en el software IBM SPSS.

- Análisis de la productividad:

Como se puede observar, la relación directa entre la reducción del tiempo de cambio de molde que aumenta la productividad al poder producir durante más tiempo durante el tiempo disponible en cada turno es evidenciada en la siguiente fórmula:

$$Productividad = Eficiencia * Eficacia$$

$$Productividad = \frac{Tiempo Productivo}{Tiempo disponible} * \frac{Unidades producidas}{Unidades planificadas}$$

Donde:

Las unidades planificadas se consiguen del plan de producción del turno.

Las unidades producidas se sacan del reporte de producción del turno.

El tiempo productivo es el tiempo empleado para producir

El tiempo disponible es el tiempo disponible dentro del turno para producir.

Betancourt (2017) define la productividad como el producto de la eficiencia por la eficacia para determinar un panorama más general y que, a la vez, considera varios factores como tiempo de producción versus tiempo disponible del turno y metas alcanzadas versus metas propuestas.

Schedule View per shift-machine



$$Productividad\ antes = \frac{4\ horas}{8\ horas} * \frac{3420}{5760} = 29.69\%$$



$$Productividad\ después = \frac{5.25\ horas}{8\ horas} * \frac{3060}{5760} = 34.86\%$$

Aumento de la productividad de un 14.83%

- Tiempo del turno
- Almuerzo
- Cambio de molde
- Tiempo ahorrado

Figura 16. Esquema de productividad.

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con el horario de producción y el plan de cambio de molde SMED.

CONCLUSIONES

1. Al convertir ciertas actividades internas a externas se consiguió reducir el tiempo promedio de cambio de molde de 3 horas con 15 minutos a 2 horas minutos, obteniendo así una reducción significativa del 37% del tiempo de dicho proceso.
2. Al estandarizar el trabajo, hubo una mejora en el procedimiento de cambio de molde al pasar de 1 hora con 57 minutos a 1 hora con 12 minutos, obteniendo así una reducción significativa del 38% en el tiempo estándar promedio de cambio de molde.
3. Al realizar una nueva distribución del área donde se almacenan los moldes y aplicando el Spaghetti chart se ha podido identificar la mejor ruta que debe seguir el transporte que lleva el molde desde su lugar de reposo hacia la máquina que lo requiera. Esto ha permitido reducir el tiempo promedio de transporte de molde de 34 minutos a 32 minutos, obteniendo así una disminución aceptable del 6%.
4. Comparando las fases teóricas del SMED con el nivel de progreso de la implementación del SMED y la aplicación de la mejora continua que dichos procesos requieren en esta investigación, se observa que el porcentaje de reducción de un 37% está dentro un nivel aceptable para ser las primeras rondas del ciclo de mejora continua, de esta manera la productividad aumentó en un 14.83%.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un seguimiento del procedimiento que siguen los operarios al realizar el cambio de molde mediante el llenado de un formulario de los pasos seguidos.
2. Agilizar el trámite de solicitud del uso del montacargas haciendo uso de un cronograma de trabajo para que coincida con los cambios de moldes con la debida anticipación para que se separe el montacargas y se tenga suficiente combustible para su uso en esta actividad.
3. Disponibilidad total de herramientas que sean de uso único para el desmontaje y montaje del molde para así evitar la ocurrencia de no tener a la mano las herramientas requeridas por el uso de estas en otras actividades.
4. Mantener el orden y la limpieza en el espacio de trabajo para tener un mejor acceso herramientas y/o repuestos que se requieran.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIAS, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. 6ª ed. Editorial Episteme.

ARROYO, C. (2018). *Aplicación del SMED para mejorar la productividad en el proceso de prensado de microporoso en la empresa INDELAT EVA SAC*. Independencia. Lima 2017-2018. Tesis de Titulación en Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo. UCV. 37 p.

BETANCOURT, D. (2017). *Productividad: Definición, medición y diferencia con eficacia y eficiencia*. Recuperado el 25 de octubre de 2021, de Ingenio Empresa: www.ingenioempresa.com/productividad.

BLANCO, M. et al. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. España: Dykinson.

CERVO, A. et al. (1989). *Metodología científica*. Bogotá: McGraw-Hill.

CHÁVEZ, N. (2007). *Introducción a la investigación educativa*. Maracaibo: Gráfica González. 2007. 134 p

CRUELLES, J. (2012). *Productividad e incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. 1ª ed. 2012. Editorial Marcombo SA.

DÍAZ, M. (2017) *Subjetividad y trabajo viviente en la fenomenología de la vida de Michel Henry*. Revista Cinta de Moebio. 64 p

DURÁN, F. (2007). *Ingeniería de Métodos. Globalización: Técnicas para el Manejo Eficiente de Recursos en Organizaciones Fabriles de Servicios y Hospitalarias*. Guayaquil. Ecuador. 128 p

GARCÍA, R. (2011). *Mediación: Perspectivas desde la Psicología Jurídica*. Bogotá: Manual Moderno. 16 p

GARCÍA, G. et al (2002). *Tratamiento y análisis de la documentación*. Selección de lecturas: Fundamentos de la organización de la información. La Habana: Universidad de La Habana, 2002.

- GONZALES, F. (2007). *Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas*. Querétaro -México. Revista Panorama Administrativo. 20 p.
- GUTIERREZ, H. (2014). *Calidad Total y Productividad*. 3ª ed. México: McGraw – Hill. 2010. 120 p.
- HERNÁNDEZ, R. et al. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ª ed. McGraw-Hill. 04. 85. 148 p
- HURTADO, J. (2007). *Metodología de la Investigación Holística*. 5ª ed. SYPAL, Caracas – Venezuela, 2000.
- IPANAQUE, K. (2019). *Aplicación de la Metodología SMED para incrementar la productividad en la línea 2 de transformación en una empresa manufacturera*. Tesis para optar el título profesional de ingeniera industrial. Universidad César Vallejo. Lima – Perú. 2019. 07 p.
- KANAWATY, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. 4ªed. Oficina Internacional del Trabajo Ginebra. 09 p
- KOONTZ, H. et al. (2014). *Administración: una perspectiva global y empresarial*. 14ª edición. McGraw-Hill. 14 p
- KRAJEWSKI, L. et al. (2008). *Administración de Operaciones: Procesos y cadenas de valor*. 8ªed. Editorial Pearson. 17 p
- LEFCOVICH, M. (2003). *Kaizen - La mejora continua aplicada en la Calidad. Productividad y Reducción de Costos*. 78 p.
- MEJÍA, S. (2013). *Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de confecciones de ropa interior en una empresa textil mediante el uso de herramientas de manufactura Esbelta*. Tesis (Ingeniería industrial). Lima. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ingeniería. 2013. 119 p.
- MÉNDEZ, R. et al. (2011). *Investigación: Fundamentos y metodología*. 2ª ed. 2011 McGraw-Hill y Pearson.

MORALES, C. et al. (2014). *La medición de la productividad del valor agregado: una aplicación empírica en una cooperativa agroalimentaria de Costa Rica*. Artículo de la Revista Tec Empresarial del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

NIEBEL, B. (1980). *Ingeniería Industrial; Métodos. tiempos y movimientos*. 2ª ed. México. 1980.

NOLE, F. (2017). *Aplicación de la metodología SMED para incrementar la productividad en los cambios de formato de la llenadora CSD en la empresa Backus y Johnston*. Universidad César Vallejo. Ate – Lima. 2017. 05 p.

OLAYA, L. (2017). *Aplicación del SMED para mejorar la productividad en los cambios de formatos de una empresa manufacturera. Santa Clara. 2016*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial. Universidad César Vallejo. Lima - Perú. 2017. 8 p.

PALOMINO, M. (2012). *Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes*. Tesis para Ingeniero Industrial. Lima. Perú: Pontificia Universidad Católica Del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. 2012. 108 p.

PINEDA, J. (2005). *Estudio de Tiempos y Movimientos en la línea de producción de piso de granito en la fábrica Casa Blanca SA*. Tesis de Titulación de Ingeniero Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. octubre del 2005. 39 p.

RAJADELL, M. et al. (2010). *Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Ediciones Díaz de Santos. Madrid. España. 123 p

RAMÍREZ, V. (2010). *Estandarización de las líneas de ensamblaje de productos de la empresa Metaltronic SA*. Proyecto Previo a la Obtención del Título de Tecnólogo en Procesos de Producción Mecánica. Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador. 2010. 19 p.

REBOLLEDO, J. (2010). *Optimización de tareas y equipos en líneas productivas durante un cambio de formato: Implementación de Herramienta SMED*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico. Universidad de Chile. Santiago de Chile – Chile. 2010. 02 p.

- ROMO, A. (2009). *Aplicación de la técnica SMED para Set Up de cambio rápido en línea Lamination de la empresa PROMASA S.A. Planta Puertas*. Tesis (Ingeniero Civil Industrial). Suroeste de Chillán. Chile: Universidad del Bio-Bio. Facultad de Ingeniería. 2009. 124 p.
- SANTOS, J. (2010). *Mejorando la producción con lean thinking*. Ediciones Pirámide. 145 p
- SENDERSKÁ, K. et al. (2017). *Spaghetti Diagram Application for Workers' Movement Analysis*. U.P.B. Sci. Bull. Series D. Vol. 79. Iss. 1. 2017.
- SCHELLENBERG, T. (1959). *La importancia de los archivos*. Folleto publicado en el Instituto de Investigaciones Históricas (I. I. H.) de la Universidad Autónoma Tomás Frías de Potosí. Bolivia. 1959.
- SHINGO, S. (1983). *A Revolution in Manufacturing the SMED System by Shingō. Shigeo* (R. T. Sataloff. M. M. Johns. & K. M. Kost (eds.); 3ª ed.). Productivity Press.
- SHINGO, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. 54 p.
- SOCCONINI, L. (2008). *Lean Manufacturing paso a paso*. 3ª ed. Norma. México. 2011. 215, 355 p.
- SOCCONINI, L. (2008). *Lean Manufacturing paso a paso*. Marge books. 2019. 254 p.
- TAMAYO, M. (1999). *Aprende a Investigar*. Instituto colombiano para el fomento de la educación superior. ICFES. ISBN: 958-9279-11-2 Obra completa.
- TENUTTO, M. (2001). *El registro de observación*. Universidad de San Andrés. Colombia. 2001. 60p
- TORRES, R. (2014). *Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pernos en una empresa metalmecánica*. Tesis (Ingeniería industrial). Lima. Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de ingeniería. 2014. 143 p.
- UNTERBORN, J. (2011). *A Study of a management supported Single Minute Exchange of Die (SMED) Program for the Flexible Packaging Industry*. Masters of Science Thesis

submitted in Fulfillment of the Graduation Requirements for the College of Applied Science and Technology Department of Packaging Science at Rochester Institute of Technology. 2011. Rochester. New York – United States of America. 02 p.

VALDERRAMA, S. (2013). *Guía para elaborar la tesis universitaria escuela de posgrado*. Editorial Ando Educando Perú. 182. 184 p

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

METODOLOGÍA SMED PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE TERMOFORMADO DE ENVASES DESECHABLES DE PLÁSTICO						
GARCÍA MORENO, Joshua Gabriel; TRISOLLINI GAGLIARDI, Gino Giacomo						
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables Independientes	Indicador VI	Variables Dependientes	Indicador VD
¿Cómo mejorar la productividad del área de producción en la empresa de termoformado de envases desechables de plástico?	Aplicar la Metodología SMED para mejorar la productividad en la empresa de termoformado de envases desechables de plástico.	Si se aplica la metodología SMED, se mejorará la productividad en la empresa de termoformado de envases desechables de plástico.	Metodología SMED	--	Productividad	--
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Variables Independientes	Indicador VI	Variables Dependientes	Indicador VD
¿Cómo reducir el tiempo del cambio de molde?	Identificar y racionalizar las actividades internas y externas para reducir el tiempo de cambio de molde.	Si se identifica y racionaliza las actividades internas y externas, entonces se reducirán el tiempo de cambio de molde.	Actividades Internas y Externas	SI/NO	Tiempo de cambio de molde	Tiempo promedio de cambio de molde
¿Cómo mejorar el procedimiento del cambio de molde?	Implementar el trabajo estandarizado para mejorar el procedimiento de cambio de molde.	Si se Implementa el trabajo estandarizado, entonces se mejorará el procedimiento de cambio de molde.	Trabajo Estandarizado	SI/NO	Procedimiento del cambio de molde	Tiempo standard de cambio de molde
¿Cómo mejorar el tiempo de transporte de molde?	Implementar el spaghetti chart para reducir el tiempo de transporte de molde.	Si se implementa el spaghetti chart, entonces se reducirán el tiempo de transporte de molde.	Spaghetti Chart	SI/NO	Tiempo de transporte de molde	Tiempo promedio de transporte de molde

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 02: Matriz de Operacionalización de las Variables Independientes

Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Metodología SMED	--	Socconini (2008), SMED (Single Minute Exchange of Die) significa cambio de herramienta en un solo dígito de minuto, es decir, en menos de 10 minutos.	Diagrama aplicado para registrar las actividades del procedimiento de cambio de moldes de termoformadoras indicando tiempo, distancia de transporte y agentes.
Actividades Internas y Externas	SI/NO	Actividades internas: "Cuando la máquina tenga que estar detenida para desarrollar las actividades". (Socconini, 2011, p. 215). - Actividades externas: "Cuando las actividades se pueden realizar antes o después del paro". (Socconini, 2011, p. 215).	Listado de actividades que se realizan en el cambio de moldes que se caracterizan por ser realizables cuando la máquina esté parada o en marcha, aplicaremos la transformación de actividades internas en externas para reducir el tiempo desperdiciado.
Trabajo Estandarizado	SI/NO	LEFCOVICH (2003) El trabajo estandarizado es una herramienta que le ayudará a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador. La manufactura esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del sistema de producción Toyota.	Al tener un procedimiento redactado, se obtiene un trabajo estandarizado el cual nos mostrará el desglose de los tiempos y movimientos realizados en las actividades del cambio de molde a fin de tener un proceso medible y ajustable en materia de tiempos y distancias, y por supuesto, de ergonomía.
Spaguetti Chart	SI/NO	(SENDERSKÁ et al. 2017, p. 03 VOL. 7, p. 141) Diagrama de espaguetis, gráfico de espaguetis, modelo de espaguetis o también trazado de espaguetis es un método para ver el movimiento del objeto en el sistema con la ayuda de una línea. El objeto en movimiento topado puede ser un trabajador, material, etc. Un sistema en el que dicho objeto se mueve puede ser un área de producción, parte de un edificio o taller.	Diagrama aplicado para tener las rutas posibles trazadas en los recorridos que hacen los operarios y el montacargas, con el fin de elegir las rutas de menor distancia para mover los moldes desde su rack en planta hasta la máquina para realizar el cambio de molde.
Productividad	--	Gutiérrez (2010), La productividad tiene que ver con los resultados que se obtiene de un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos.	Se estudia el impacto del ahorro de tiempo en la productividad de la empresa, ya que se tiene operarios con las horas pagadas en tiempo muerto por máquinas paradas por el cambio de molde que suelen ocupar casi todo el tiempo del turno.
Tiempo de cambio de molde	Tiempo promedio de cambio de molde	Shingo (1983) Todos los beneficios de SMED sólo se pueden lograr después de que se haya realizado un análisis de las operaciones de configuración y se hayan identificado las cuatro etapas conceptuales de configuración. Sin embargo, las técnicas eficaces se pueden aplicar en cada etapa, lo que conduce a reducciones impresionantes en el tiempo de configuración y mejoras dramáticas en la productividad incluso al principio de sus esfuerzos.	Se aplica el estudio de tiempos para determinar el tiempo de realización de cada actividad para determinar el tiempo total y analizar las actividades que requieran una reducción de tiempo de realización de cada molde y máquina a estudiar.
Procedimiento del cambio de molde	Tiempo standard de cambio de molde	Según HERNANDEZ (2014), define "que todo tiempo de cambio de un molde se calcula desde el tiempo del producto A hasta el término de del producto B" (p.7).	Se observa un procedimiento inicial con sus tiempos estándar y luego de aplicar la mejora del procedimiento, actualizaremos el procedimiento para añadir los tiempos estándar redefinidos.
Tiempo de transporte de molde	Tiempo promedio de transporte	Socconini (2008) Esta muda consiste en todos aquellos traslados de materiales que no apoyan directamente el sistema de producción. Mover los productos de un lado a otro de la planta no se traduce en un cambio significativo para el cliente, pero sí implica un costo, e incluso pone en riesgo la integridad del producto. Cabe aclarar que nos referimos en este caso al transporte dentro de las instalaciones de la empresa, y no a la entrega del producto a los clientes o centros de distribución.	Se miden los tiempos y distancias de transporte para reducirlos haciendo un rediseño de planta y con un procedimiento estándar para no perder tiempo en el transporte del molde desde su rack en planta hasta la máquina.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 03. Fotos de los moldes del área de vasos y envases.



Figura 17. Foto referencial del molde de envase de 8oz.

Fuente: Foto rescatada de la página web Tecnología del Plástico
<https://www.plastico.com/temas/Moldes-para-termoformado-con-calidad-alemana-cuestan-40-menos+115364>

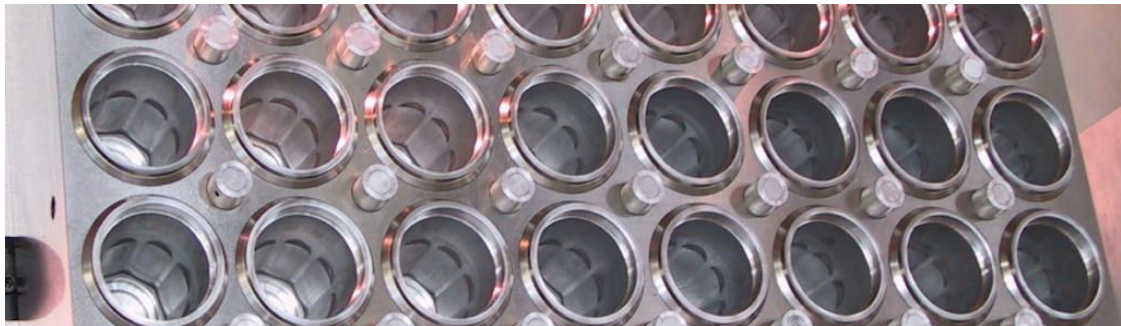


Figura 18. Foto referencial del molde del vaso de 07 oz.

Fuente: Foto rescatada de la página web de AGRIPAK
<https://agripak.com/es/thermoforming/auxiliaries/tooling>



Figura 19. Foto referencial del molde de envase 06 oz.

Fuente: Foto rescatada de la página web Tecnología del Plástico

<https://www.plastico.com/temas/Moldes-para-termoformado-con-calidad-alemana-cuestan-40-menos+115364>