



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

COMPLEJO REGIONAL CENTRO SAN JOSÉ CHIAPA

Reducción de Tiempo de Cambio de Molde en el Área
de Inyección a Través de la Implementación de la Metodología
PDCA y Herramientas de Manufactura Esbelta

T E S I S

PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERÍA EN PROCESOS Y GESTIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

OLIVER ALFREDO CARREÓN ARELIO

DIRECTOR DE TESIS:

MTI. ÁNGEL RICARDO RENDÓN ARENAS

FEBRERO 2026

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Justificación	5
1.4 Metodología PDCA	6
1.5 Objetivo del Proyecto (SMART)	7
1.6 Objetivos Específicos.....	7
CAPÍTULO II	9
2 MARCO REFERENCIAL	10
2.1 Marco Conceptual:	10
2.2 Marco Teórico.....	11
2.2.1 Definición de Manufactura Esbelta (<i>Lean Manufacturing</i>):	11
2.2.2 Los siete desperdicios más uno:	13
2.2.3 Metodología SMED:	15
2.2.4 5'S:	17
2.2.5 Mejora Continua:.....	18
2.3 Marco Contextual.....	19
2.3.1 Seguridad y Validación para Cambiar Molde.....	19
2.3.2 Cambio de Molde	22

CAPÍTULO III.....	26
3 PLAN.....	27
3.1 Análisis de Indicadores.....	27
3.2 Identificación de Problema.....	28
3.2.1 Diagrama de Ishikawa.....	29
3.2.2 Diagrama de Pareto.....	35
CAPÍTULO IV.....	40
4 DO.....	41
4.1 Planes de Mejora.....	41
4.2 Propuestas de Planes de Mejora.....	41
4.2.1 Metodología SMED.....	41
4.2.2 Metodología 5'S.....	52
4.2.3 Propuesta de Nuevas Herramientas.....	64
4.2.4 Actualización de Instrucción de Trabajo Para Cambio de Molde.....	68
4.2.5 Pistola de Impacto.....	72
CAPÍTULO V.....	77
5 CHECK.....	78
5.1 Análisis de Resultados.....	78
5.2 Reducción de Tiempo Muerto con Pistola de Impacto.....	78
5.3 Pistola de Impacto Antes y Después.....	79

5.4 5'S Bases de Gripper	81
5.5 Reducción de Tiempo Bases de Gripper	83
5.6 Reducción de Tiempo (2 Técnicos en Paralelo)	85
5.7 Actualización Hoja de Instrucción de Trabajo.....	87
5.8 Gaveta Antes y Después	88
5.9 Indicadores Actuales	94
CAPÍTULO VI.....	97
6 ACT.....	98
6.1 Acciones de Acuerdo con el Resultado	98
CAPÍTULO VII	101
7 CONCLUSIONES	102
8 REFERENCIAS.....	104
9 ANEXOS	107

Tabla de Figuras

Figura 1 Flujo de Material Motherson	3
Figura 2 PDCA Fases.....	7
Figura 3 Las 3M.....	12
Figura 4 Título Lista de Actividades	43
Figura 5 Técnico en el proceso de cambio de molde.....	52
Figura 6 Bases	53
Figura 7 Bases 2.....	54
Figura 8 Bases para metodología.....	54
Figura 9 Organización de Piezas.....	55
Figura 10 Armado de Base	56
Figura 11 Base Nueva	57
Figura 12 Gaveta.....	58
Figura 13 Clasificar caja de herramientas.....	59
Figura 14 Extensiones de Gripper.....	59
Figura 15 Contenedores	60
Figura 16 Contenedores 2	60
Figura 17 Ayuda Visual	61
Figura 18 Ayuda Visual 2	62
Figura 19 Ayuda Visual Utensilios.....	62
Figura 20 Ayuda Visual Utensilios 2.....	63
Figura 21 Delimitación del área.....	64
Figura 22 Gráfica Bases	85

Figura 23 Técnico cambiando molde.....	86
Figura 24 Gráfica 2 Técnicos.....	87
Figura 25 Gaveta Antes	88
Figura 26 Gaveta Después	89
Figura 27 Codos de Gripper pequeños.....	91
Figura 28 Codos de Gripper Después	91
Figura 29 Extensiones de Gripper Antes y Después.....	91
Figura 30 Componentes de Hartings.....	92
Figura 31 Tornillos	93
Figura 32 Codos de gripper grandes	93
Figura 33 Productos de Limpieza	94

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 Pareto Down Time	4
Ilustración 2 Jerarquía de Desperdicios	14
Ilustración 3 Instalaciones de Motherson Zitlaltepec, Tlaxcala, México.	19
Ilustración 4 Componentes y Herramientas	20
Ilustración 5 Componentes y Herramientas pág. 2	21
Ilustración 6 Clasificación OEE.....	28
Ilustración 7 Diagrama de Ishikawa	29
Ilustración 8 Pareto	38
Ilustración 9 Medición de Tiempo	48
Ilustración 10 Down Time Minutos y Horas	48
Ilustración 11 Casco.....	69
Ilustración 12 Técnico con casco	69
Ilustración 13 Instrucción de Magnetizar	70
Ilustración 14 Validar cadenas.....	70
Ilustración 15 Tablero de Cambios	71
Ilustración 16 Hartings Validación	71
Ilustración 17 Verificación de conexiones.....	72
Ilustración 18 IMM 3200-0.....	73
Ilustración 19 Bridas colocadas manualmente.....	74
Ilustración 20 Pistola de Impacto Adquirida por Motherson.....	74
Ilustración 21 Bridas máquina 3200-0.....	75
Ilustración 22 Uso de Pistola de Impacto	75

Ilustración 23 Gráfica de Tiempos.....	79
Ilustración 24 Antes y Después Pistola de Impacto.....	80
Ilustración 25 Bases de Gripper antes y después	83
Ilustración 26 Mapeo de movimientos antes	83
Ilustración 27 Mapeo de movimientos después	84
Ilustración 28 Orden y Limpieza de Gaveta (Actividades)	90
Ilustración 29 Manifold (Platos)	99
Ilustración 30 Manifold Cambio de Estándar	99

Tablas

Tabla 1 Etapas SMED	16
Tabla 2 Promedio vs. Objetivo (Target)	28
Tabla 3 FODA	31
Tabla 4 Matriz de Criterios	35
Tabla 5 Actividades de Cambio de Molde	37
Tabla 6 Plan de Acción	39
Tabla 7 Simbología Diagrama de Flujo de Procesos	42
Tabla 8 Separación Actividades 1	44
Tabla 9 Separación Actividades 2	45
Tabla 10 Separación Actividades 3	46
Tabla 11 Separación Actividades 4	47
Tabla 12 Actividades a mejorar	49
Tabla 13 Actividades de Mejora	50
Tabla 14 SMED Actividades Paralelas	51
Tabla 15 Lista de Herramientas	65
Tabla 16 Lista de Herramientas 2	66
Tabla 17 Check List de Herramienta	67
Tabla 18 Gantt de mantenimiento para pistola de impacto	81
Tabla 19 Actividades para Cuidado de Bases GRIPPER	82
Tabla 20 Tabla de resultado de base de grippers	85
Tabla 21 Porcentaje trabajo en paralelo	87
Tabla 22 Resultados Finales	95

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

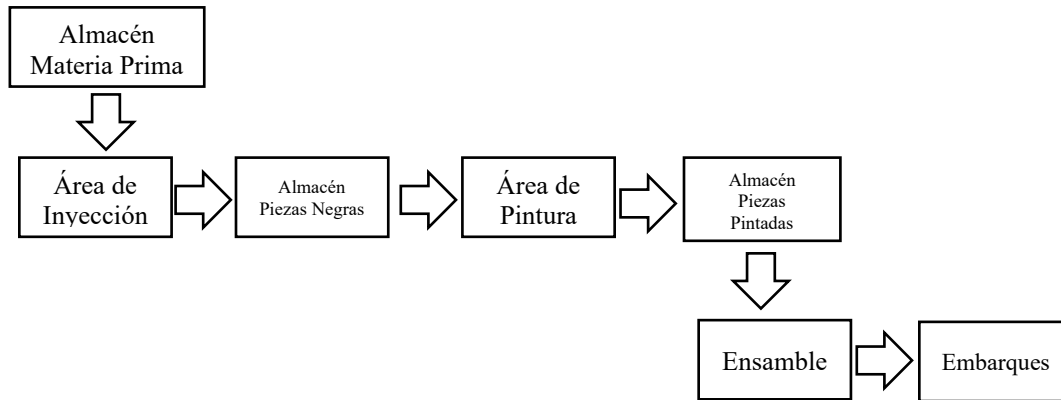
Hoy en día las organizaciones optan por reducir costos, tiempo, defectos y actividades que no agregan valor al cliente. Desde la filosofía de trabajo hasta sus principios como una organización se establecen sistemas de producción robustos empleando diferentes herramientas de manufactura esbelta y mejora continua. En la organización de autopartes Motherson partiendo desde sus ideales (Shines To Win); eficiencia, mejora, innovación, así como sus demás principios se busca tenerlos presente con todos los colaboradores es por ello que este proyecto tiene como finalidad cumplir con los ideales de Motherson comprendiendo su filosofía (Vaastu) que en pocas palabras se refiere a construir de buena manera sitios o edificios y para ello se necesita implementar herramientas de mejora continua, en las cuáles busca reducción de tiempo en los cambios de molde en el área de inyección con la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die, por sus siglas en inglés), comprendiendo el proceso del cambio de molde, búsqueda de información y estudios acerca de la inyección de polímeros teniendo en cuenta fundamentos teóricos del moldeo por inyección y herramientas de manufactura esbelta para reforzar el conocimiento así como visualizar los cambios constantes del proceso de cambio de molde y tenerlos en cuenta para poder implementar el proyecto.

Esta implementación del proyecto da a conocer los resultados obtenidos, comparación entre un antes y después, así como conclusiones del trabajo de investigación, se analiza el proceso de cambio de molde y cada uno de los indicadores organizacionales de Motherson documentando indicadores de desempeño como un proceso estandarizado y partiendo de ahí, se empiezan a tomar decisiones para una correcta implementación de la metodología SMED.

1.2 Planteamiento del Problema

En la planta de Motherson ubicada en el municipio de San Pablo Zitlaltepec, estado de Tlaxcala, se tienen tres áreas por donde el material fluye; pasando por los procesos de inyección, pintura y ensamble, se muestra en la Figura 1 a continuación el flujo de material:

Figura 1 Flujo de Material Motherson



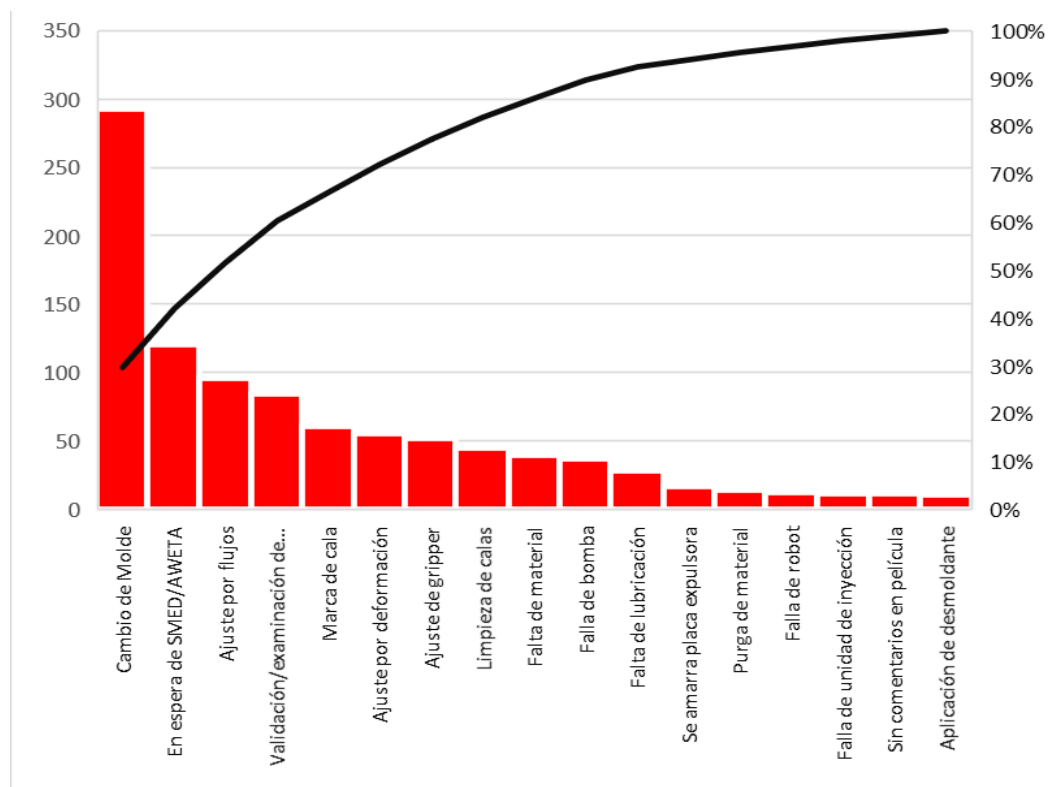
Fuente: Información Suministrada por Motherson

De acuerdo con su programación de producción diaria en el área de inyección se debe realizar cambio de molde para plastificar piezas y así cumplir en tiempo y forma con el cliente, este proceso se le atribuyen factores de tiempo prolongados al realizar dicho proceso ya que se tienen en cuenta una serie de actividades que por magnitud se deben realizar cuando la máquina está parada por ende en consecuencia no se pueden eliminar porque son fundamentales para cumplir con el proceso de cambio de molde, pero se puede disminuir el tiempo al momento de realizarlas, así como tratar de eliminar actividades que no agreguen valor.

Como parte fundamental se debe documentar dicho proceso, tener tiempos de cambios en todas las máquinas durante los turnos de producción, así como mejorar las condiciones del lugar de trabajo para el técnico. Una de las consecuencias de un tiempo prolongado afecta al indicador de disponibilidad que es parte del OEE (Overall Equipment Effectiveness, por sus siglas en inglés).

La disponibilidad en general es el porcentaje del tiempo total que opera un equipo o que está funcionando como debe. Los datos que se muestran a continuación indican actividades que no agregan valor, como los tiempos muertos en el cambio de molde con mayor frecuencia y en consecuencia afecta a la disponibilidad de las máquinas por tiempo en minutos, así como la productividad del área en donde también se considera la eficiencia operativa para reducir costos y aumentar la competitividad. En el siguiente diagrama de Pareto (*ver Ilustración 1*) se identificaron aspectos prioritarios que hay que tratar, donde su principal fundamento es considerar que un 20% de las acciones producen el 80% de los resultados en este caso se identificaron los principales tiempos de espera en las máquinas de inyección, estos datos fueron proporcionados por la organización con datos históricos del tercer trimestre de 2021, entonces se formula el problema: **¿cómo reducir los cambios de molde en el área de inyección?**

Ilustración 1 Pareto Down Time



Fuente: Elaboración Propia

En esta Ilustración 1 muestra que el cambio de molde es el principal factor que genera más tiempo muerto en el área con un lapso de 290 minutos en el tiempo de estudio respecto a las demás actividades que no agregan valor lo cual indica que es un factor que se debe atacar y reducir, una de las consecuencias son factores económicos por piezas no producidas en ese lapso y la disponibilidad de máquinas.

1.3 Justificación

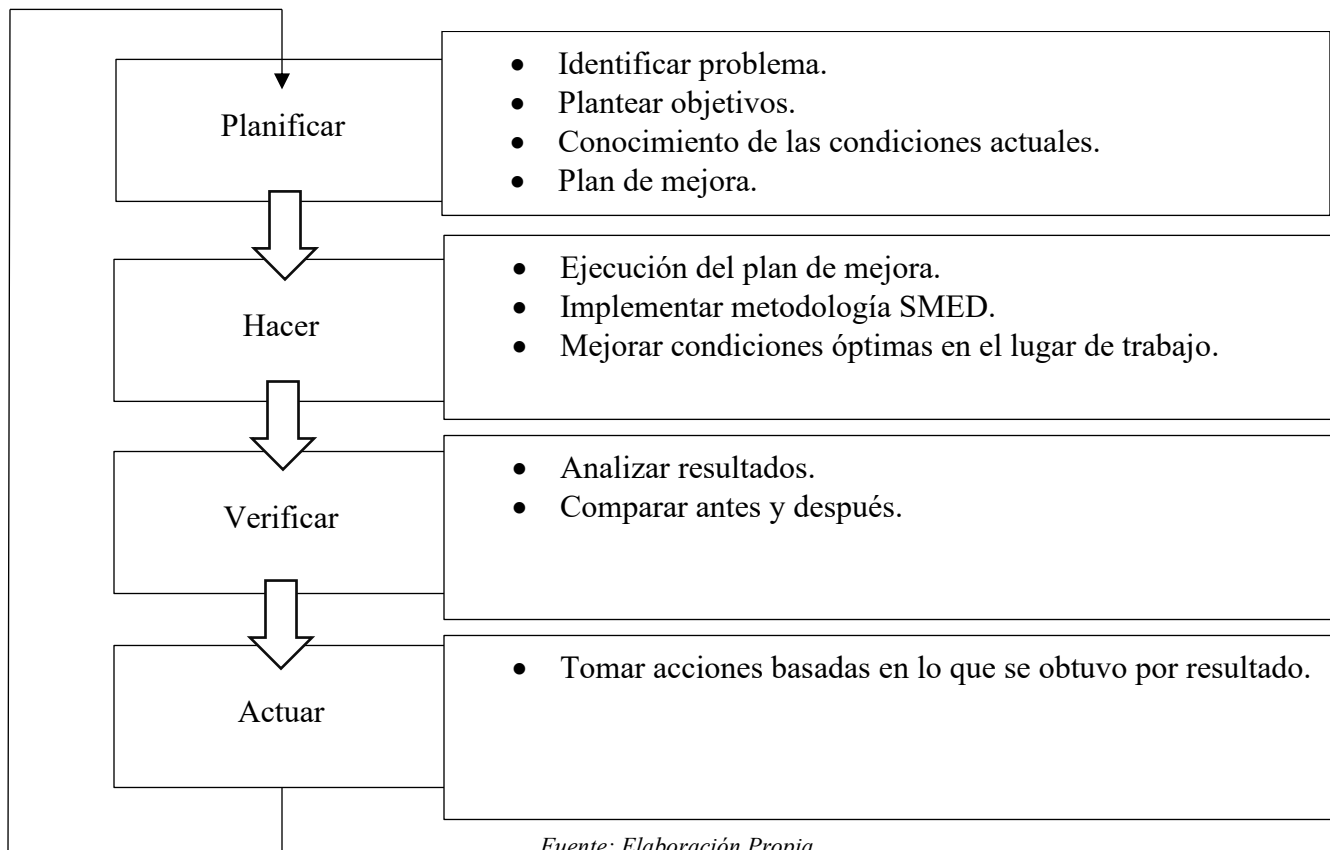
Uno de los principales retos por diferentes industrias es satisfacer al cliente en tiempo y forma, día con día las organizaciones deben ser más eficientes optimizando procesos, atendiendo a un mercado que va creciendo y pide mayor flexibilidad; este mercado es el automotriz que exige cada vez más calidad en autopartes. Motherson necesita tener la mejora continua presente como lo indica su PPS, (Peguform Production System, por sus siglas en inglés), en la cual establece tener mejores condiciones y organización del lugar del trabajo, así como un proceso estandarizado.

En otro aspecto, lo que se busca en este proyecto es tener condiciones de trabajo seguras para el técnico, eliminación de errores de preparación al momento de cambiar molde, anticiparse de buena manera antes de realizar cambios de molde, mayor disponibilidad en las máquinas de inyección, aumentar la productividad de la línea, tener condiciones de molde seguras para no causar defectos en las primeras piezas, herramientas, administración visual, check list de actividades para el cambio de molde, propuestas para mejorar los cambios de molde, control de los tiempos de cambio de molde y una correcta implementación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die por sus siglas en inglés). Motherson necesita reducir el tiempo de cambio de molde en el área de inyección para así reducir sus tiempos muertos.

1.4 Metodología PDCA

. En el trayecto que se analizó el proceso de cambio de molde, así como indicadores se obtuvo un resultado en donde la reducción de tiempo de cambio de molde se hizo de manera general. El logro de objetivos SMART del proyecto se hizo con el apoyo de ingenieros y técnicos del área de inyección, así como diferentes puntos de vista y aportaciones para que el proyecto tuviera un fin no solo de forma general si no para la organización, estas propuestas fueron seleccionadas y llevadas a cabo en torno a mejorar la productividad del área, por motivos de confidencialidad se ocultaron hojas de instrucción de trabajo, no se accedió a información en donde se involucraran temas respecto a ventas e indicadores OEE, así como mantener una confidencialidad en mostrar procesos más definidos en este proyecto. Se busca la implementación de ideas de mejora y llevar a cabo SMED para reducir el tiempo de cambio de molde es por ello por lo que se aplicó la **metodología PDCA** (plan, do, check, act, por sus siglas en inglés), como su respectivo proceso cíclico desde el planteamiento del problema hasta la obtención de resultados y el logro de los objetivos planteados. A continuación, en la Figura 2, se definen las cuatro fases de la metodología PDCA:

Figura 2 PDCA Fases



1.5 Objetivo del Proyecto (SMART)

Reducir el tiempo de cambio de molde en un 10%, a través de filosofías y metodologías de Lean Manufacturing (manufactura esbelta) para incrementar la disponibilidad de los equipos y productividad en el área de inyección de Motherson durante un lapso de nueve meses que dura el proyecto y el periodo de prácticas profesionales.

1.6 Objetivos Específicos

- i. Identificar las condiciones del proceso actual que incrementan el tiempo al cambiar molde.
- ii. Proponer ideas de mejora para contar con las mejores condiciones del lugar de trabajo para los técnicos.

- iii. Implementar la metodología SMED y tomar acciones de acuerdo con los resultados que se obtengan.
- iv. Evidenciar las mejoras que se obtuvieron.

CAPÍTULO II

2 MARCO REFERENCIAL

En este proyecto se expone el marco conceptual que aborda los conceptos en donde se explican en este trabajo de investigación. En el marco teórico se describen conceptos presentando la filosofía de mejora continua, manufactura esbelta, metodología SMED en donde también se hizo la investigación de diferentes consultas descritas por diferentes autores que definen dichos conceptos del cómo se aplicó en la industria, así como el marco textual.

2.1 Marco Conceptual:

Según Jiménez (2019), define al **ciclo PDCA** como una “metodología que describe los cuatro pasos esenciales que toda empresa debe llevar a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua de la calidad”. Por lo tanto, Planificar (Plan) hacer, (Do) verificar, (Check) y actuar (Act) es común que esté relacionada a los sistemas de gestión de calidad, pero también a la mejora de los procesos.

Esta metodología trata de un ciclo de resolución de problemas y de mejora continua que consta de cuatro fases que ya se mencionaron antes, la aplicación de esta metodología implica gestionar y se puede aplicar a cualquier proceso, actividad, producto o servicio. Aplicando esta metodología como resultado se logra el control eficiente de su proceso ya sea interno y externo para que así se tomen mejores decisiones, reducir costos, aumento de la productividad, así como aumentar beneficios de satisfacer a los clientes sin perder su competitividad y la excelencia. Una vez terminadas las cuatro fases se repiten con una sola finalidad y es la retroalimentación de estas, para así reevaluarlas y mejorarlas, buscar nuevas implementaciones, entre otras. A continuación, se presentan las características de las fases de la metodología PDCA:

1. (Plan). Se definirá el problema con anterioridad estudiando el proceso en el área que se quiera mejorar en este caso, será en el área de inyección, en los cambios de molde. También se definen los objetivos que se quieran alcanzar y se analizan las posibles mejoras para implementarlas.
2. (Do). Se planifican y se implementan las posibles mejoras que se definieron en la fase de planificar, hay que poner en práctica lo planeado previamente.
3. (Check). Se verifican los cambios que se obtuvieron si funcionan correctamente y dan el resultado deseado. Si los cambios no satisfacen las necesidades se vuelven a modificar para que así funcionen conforme a lo esperado.
4. (Act): Si el resultado es satisfactorio se implementa en la mayoría de las máquinas y se tendrá más eficiencia en el área, no obstante, periódicamente habrá que volver a buscar posibles nuevas mejoras y volver a aplicar el ciclo PDCA.

Las **actividades internas** son las que se realizan cuando la máquina está parada o apagada y las **actividades externas** se realizan cuando la máquina aún está en funcionamiento.

2.2 Marco Teórico

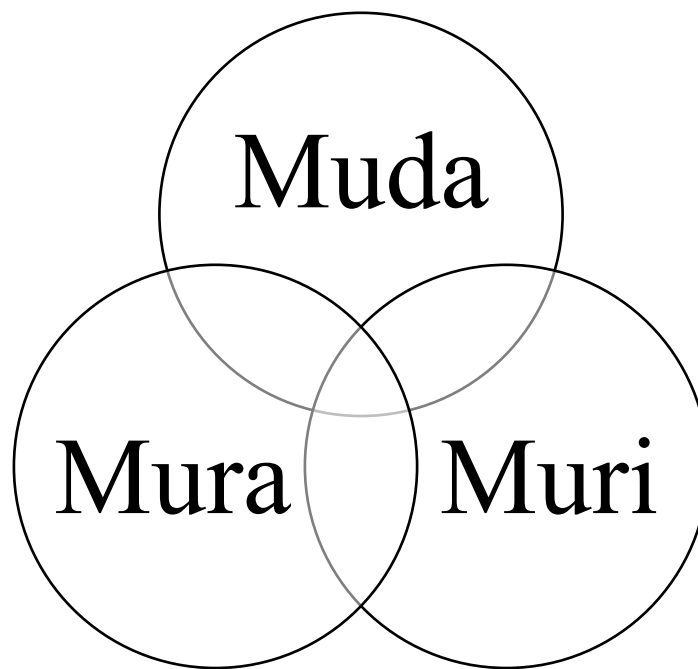
A continuación, se presentan fundamentos teóricos para reforzar y aportar más al conocimiento y por ello se requieren describir ciertos aspectos de la manufactura esbelta, mejora continua, la metodología SMED, así como los siete desperdicios y su interacción con el cambio de molde en el área de inyección:

2.2.1 Definición de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing):

El término Lean TPS (Toyota Production System, por sus siglas en inglés), el cual se originó en Japón después de la Segunda Guerra Mundial aborda diferentes herramientas de mejora continua que sirven para mejorar y optimizar los diferentes procesos operativos de cualquier

organización, independientemente de su tamaño y giro. González Correa (2007), menciona que es una filosofía enfocada a la reducción de desperdicios; es un conjunto de herramientas que ayudan a identificar y eliminar desperdicios, a la mejora de la calidad y a la reducción del tiempo y del costo de la producción. Algunas de estas herramientas son la mejora continua, métodos de solución de problemas y sistemas a prueba de errores. En un segundo enfoque, se considera el flujo de producción a través del sistema y no a la reducción de desperdicios. Según Liker Jeffrey (2004), Lean establece otros desperdicios como son las 3M como se muestra en la Figura 3:

Figura 3 Las 3M



Fuente: Elaboración Propia

Mura: Interrupción de tarea o actividad que está involucrada en el proceso productivo, se relaciona a los cuellos de botella.

Muri: Cualquier situación en donde el trabajador o colaborador sienta estrés o este incomodo al realizar tareas que no estén centralizadas en tener capacitación previa lo que ocasiona que el trabajador sea más lento o cometa errores.

Muda: Mura y Muri dan un nivel mayor a muda es decir a desperdicios en donde no agreguen valor al proceso los cuales se distinguen en el punto siguiente, los siete desperdicios más uno.

2.2.2 Los siete desperdicios más uno:

Definidos así por Taiichi Ono (2001), responsable de establecer el sistema de producción de Toyota describe que todo aquel desperdicio que no agregue valor supone un coste para la organización ya que consume recursos y tiene como objetivo un enfoque principalmente en Lean para reducir o eliminarlos.

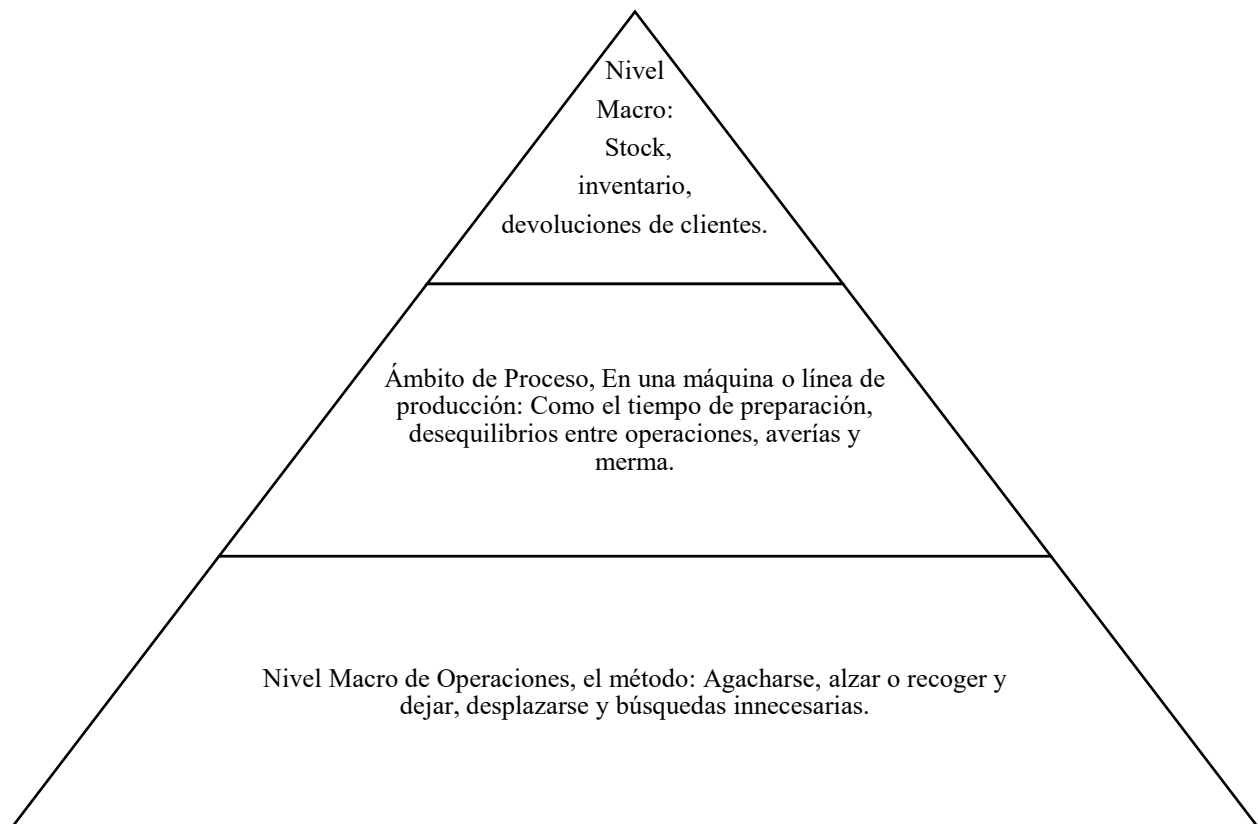
A continuación, se describen los siete desperdicios:

1. Sobreproducción: Tener más producto del solicitado con el cliente, es decir una cierta producción de referencias antes de que sean requeridas por el cliente.
2. Tiempos de Espera: Aquellos recursos sin utilizar esperando a poder realizar alguna actividad, también cualquier momento en el que el valor no puede ser agregado por algún retraso.
3. Transporte y Almacenaje: Es el tiempo invertido en almacenar y transportar materiales o documentos, así como espacio y más recursos humanos para dicha actividad.
4. Tiempos de Proceso Innecesarios: Procesos ineficientes que originan la necesidad de realizar tareas sin valor añadido.
5. Inventarios: Más producto a la mano del que cliente necesita, la acumulación de materia prima de producto terminado.

6. Movimiento: Cualquier movimiento que no es necesario para realizar alguna actividad u operación de cualquier proceso, así como al realizar un movimiento extra cuando se realiza alguna actividad en secuencia.
7. Defectos: Producto “no hecho bien a la primera”, es decir que no cumpla con las especificaciones del cliente y que requiera inspección, retrabajo, incluyendo SCRAP que son aquellos desperdicios derivados de un proceso producto y asuntos de apariencia.

En la Ilustración 2 se identifican los niveles de desperdicio que serán necesarios al observar procesos desde diferentes puntos de vista como son:

Ilustración 2 Jerarquía de Desperdicios



Fuente: Universidad de Sevilla. (s.f.). Introducción a Lean Manufacturing. (PDF).

2.2.3 Metodología SMED:

SMED (single minute exchange of die, por sus siglas en inglés), que de forma literal quiere decir cambio de un matriz en minutos de un solo dígito. En la práctica atiende de forma sistémica ahorrar tiempo al momento de cambiar un modelo a otro. El sistema SMED nació a causa de la implementación del sistema JIT (just in time por sus siglas en inglés), para cortar el tiempo de la preparación de las máquinas. Shigeo Shingo (1983), revolucionó este sistema mediante la reducción de tiempo para cambiar herramental y así continuar al siguiente proceso. El partió de dicha filosofía optando por hacer uso de herramientas estadísticas, métodos de análisis e investigación, herramientas para la resolución de problemas y la creatividad en función.

SMED se centra en tener condiciones fundamentales para poder así disminuir los tiempos de preparación que son las siguientes:

1. Tener en cuenta la importancia que tiene para la organización y sus actividades la disminución del cambio de modelo.
2. Hacer conciencia del compromiso de los colaboradores para la organización con capacitación y entrenamiento de los efectos que tendrá la implementación de SMED ya que verá incrementada la productividad y reducir costos mediante los tiempos de cambio de modelo.
3. Hacer un cambio de paradigmas terminando con las creencias acerca de imposibilidades para disminuir tiempos de cambio de modelo.
4. Cambiar la manera de pensar de los directivos y profesionales respecto a las técnicas y medios para un análisis y mejora de los procedimientos ya que tanto las máquinas como herramientas son distintas y tienen sus propias características. Así como darle una verdadera importancia.

Una aplicación correcta de la metodología SMED implica algunos beneficios como lo son tener flexibilidad es decir una empresa puede satisfacer las necesidades cambiantes de sus clientes sin un coste por exceso de inventario, entregas más rápidas como entregar justo a tiempo o justo en secuencia que son sistemas de producción que dan enfoque a producir solo lo necesario en tiempo y forma en reducción de inventarios. Existen dos tipos de operaciones al estudiar un tiempo de cambio en una herramental:

Actividades Internas: Aquellas que se realizan cuando la máquina está detenida.

Actividades Externas: Aquellas que se pueden realizar cuando la máquina está en marcha o en función.

El objetivo es analizar dichas actividades, clasificarlas y ver la forma de que esas operaciones sean externas y no internas para así un cambio eficiente.

La implementación de la metodología SMED consta de cuatro etapas según Shingeo Shingo (1983), a continuación, en la tabla 1:

Tabla 1 Etapas SMED

Etapas	Actuación
Etapla preliminar	Estudio de operación del cambio de modelo.
Primera etapa	Separación actividades internas y externas.
Segunda etapa	Convertir actividades internas en externas.
Tercera etapa	Perfeccionar actividades internas y externas.

Fuente: 1 Shingeo, Shingo. (1983). El Sistema de Producción TOYOTA desde el punto de vista de la ingeniería.

1. Etapa Preliminar: Se registran los tiempos de cambio de modelo, se conoce la variabilidad de la operación, se escriben las causas de la variabilidad y se estudian, así como conocer condiciones actuales del proceso, se analiza el proceso con un cronometro, se puede grabar un video.

2. Primera Etapa: Se separan las actividades internas y externas. Será necesario realizar un listado de todas las actividades que se hagan durante el proceso para así poder identificarlas.
3. Segunda Etapa: Convertir actividades internas en externas. Se debe hacer una revisión minuciosa de las actividades internas para así poder hacer la conversión pertinente y así ganar más tiempo productivo.
4. Tercera Etapa: Perfeccionar las actividades internas y externas. Aquí se deben perfeccionar aspectos respecto a la preparación para cambiar modelo incluyendo las actividades internas y externas es decir una optimización de dichas actividades,

2.2.4 5'S:

Una de las filosofías adoptadas por casi la gran mayoría de las organizaciones de mejora continua tiene que ver con las 5'S. El objetivo de las 5'S es desarrollar un ambiente de trabajo que sea agradable, seguro, ordenado, eficiente para que así se permita desempeñar eficientemente las actividades diarias dentro de la organización por medio de una correcta implantación de la metodología. Para implementar la metodología se necesita de tiempo para analizar la filosofía implícita de las 5'S y sus beneficios como ya se mencionaron antes. Se describe a continuación el desarrollo de las 5'S según Jara Riofrío, M. (2017):

1. Seiri (Seleccionar): Retirar los artículos que no necesitan en el área de trabajo y deshacerse de ellos.
2. Seiton (Organizar): Ordenar los artículos necesarios, estableciendo lugares específicos, de modo que se puedan ubicar y utilizar fácilmente.
3. Seiso (Limpiar): Eliminar la suciedad y mantener el área de trabajo limpio de tal manera que no haya polvo en piso, máquinas y equipos.

4. Seikeitsu (Estandarizar): Lograr que los procedimientos, prácticas y actividades logradas en las primeras etapas se elaboren de buena manera y regularmente para asegurar un alto estándar de limpieza y organización.
5. Shitsuke (Disciplina y Hábito): Entrenar al personal para que las actividades de las 5'S se conviertan en hábito, manteniendo los procesos generados por el compromiso del personal.

2.2.5 Mejora Continua:

Según la norma ISO 9001:2015, se define como una actividad recurrente destinada a aumentar la capacidad para cumplir con los objetivos de una organización en donde la mejora continua debe alcanzar todos los campos de la eficiencia y eficacia de los procesos y calidad. El concepto de mejora continua siempre se debe considerar ya que un proceso no debe darse por mejorado en forma definitiva siempre hay una posible mejora. Por un lado, aunque no se alcance la excelencia su búsqueda permitirá al menos ser mejor que la competencia. Uno de los factores para mejorar continuamente es el cambio de la demanda, nuevos mercados, materia prima, entre otras.

Lo deseable es mejorar cada día con día y que se convierta en una filosofía no solo para una organización sino para la vida diaria. La mejora continua requiere de liderazgo de toda la dirección, centralización, gestión y una buena implementación sistemáticamente contribuyendo con la motivación de toda la organización y la participación del todo el personal.

2.3 Marco Contextual

Motherson fundada en el año de 1959 en Bötzingen Alemania, es uno de los proveedores reconocidos a nivel mundial por la fabricación de autopartes plásticas para la industria automotriz, ubicada en municipio de Zitlaltepec, en el estado de Tlaxcala (*ver Ilustración 3*). Donde en el área de inyección se plastifica polímero. Aquí se mencionan diferentes tipos como: finalloy ebp-15, finalloy ppc7810, hifax tks 428p, polyfort fipp, thermofil gpp93880, hostacom g2 u02 102297, asa li941v, luran s778t, wpp tpo-3913, tpo-3913, xenoy x5630q, magnum 3416na natural y wpp tpo-3913, en donde el molde para plastificar piezas es una de las partes más esenciales del proceso de inyección sin dejar a un lado al husillo de la máquina de inyección, equipos periféricos, materia prima y sus respectivos parámetros para que no produzcan defectos a la pieza plastificada.

Ilustración 3 Instalaciones de Motherson Zitlaltepec, Tlaxcala, México.



Nota. Fotografía tomada por el autor.

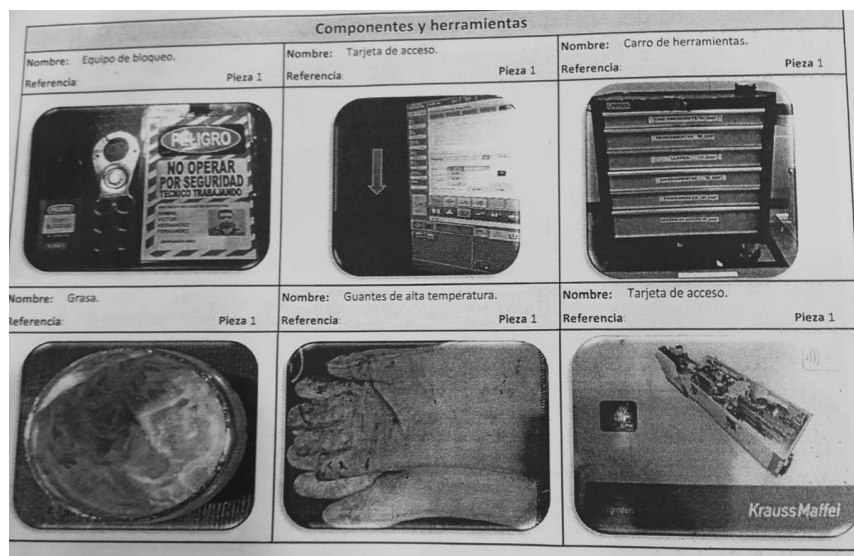
2.3.1 Seguridad y Validación para Cambiar Molde

A continuación, se presentan algunos puntos de forma general enfocados a la seguridad dados por la empresa como estándar dentro de las instalaciones por lo que se necesita verificar con anticipación maquinaria, material y equipo de protección personal para personal autorizado. El cuál se describe a continuación:

- 1.- Uniforme completo.
- 2.- Botas de seguridad industrial.
- 3.- Casco de protección personal.
- 4.- Guantes para extraer material caliente (pellet).

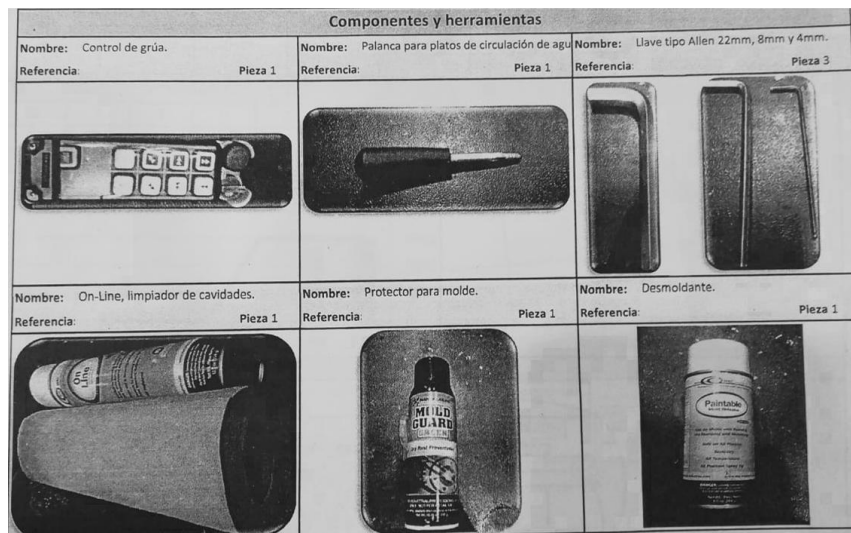
En la siguiente Ilustración 4 y 5 respectivamente se muestran los componentes y herramientas a utilizar para un correcto cambio de molde estandarizadas en hojas de seguridad de Motherson:

Ilustración 4 Componentes y Herramientas



Nota. Fotografía tomada por el autor.

Ilustración 5 Componentes y Herramientas pág. 2



Nota. Fotografía tomada por el autor.

Un punto muy importante para realizar un cambio de molde es contar con una instrucción de trabajo para conocer las actividades a realizar para arrancar y detener máquina, para este primer caso es validar ciertos puntos enfocados principalmente a la **seguridad industrial** que se muestran en los siguientes puntos:

1. Validación de programa de producción: Conocer que material se va a producir, verificar husillo y unidad de inyección, validar que la materia prima corresponda al producto a inyectar, verificar secado de material, molde y robot, parámetros de inyección conforme a ficha de parámetros y verificar que el gripper corresponda a la pieza que será inyectada y todo esto se registra a través de una ficha de parámetros.
2. Encendido y calefacción de bomba: Verificar que el paro de emergencia no este enclavado y que no haya alarmas, así como también encender calefacción de unidad de inyección, molde y bomba de máquina.
3. Encendido de termorreguladores de temperatura: Revisar y abrir válvulas de agua, paso de agua y también que sea encendido los termorreguladores de temperatura.

4. Inicio de inyección: Se debe iniciar plastificación y extraer restos de material del husillo, así como avanzar unidad de inyección con molde cerrado, en esta parte también se debe verificar que puntos de inyección abran y cierren conforme a programa y ficha de parámetros.
5. Ciclo de inyección automático: Verificar que el molde y robot no contengan piezas, como coladas, resto de piezas y también objetos extraños.
6. Liberación de piezas: Se debe verificar con auditor de calidad y operador la liberación de pieza y el llenado de parámetros a controlar.
7. Limpieza de máquina: Limpieza de puertas y guardas de máquina y retirar material.
8. Paro de máquina: Se debe oprimir el botón de semi automático en panel de control dando así una última inyección.

2.3.2 Cambio de Molde

Un cambio de molde se compone de diferentes actividades las cuales se realizan para un correcto cambio, estas actividades se supervisaron y validaron, así como también se realizaron por parte del técnico en donde para cada máquina se puede tener un proceso diferente de acuerdo con el programa de software de cada máquina, se dará enfoque centrado a las actividades físicas de un cambio de molde estándar, pero sin dejar a un lado las respectivas modificaciones de cada software de máquina, también se puede mostrar en el apartado de anexos, (ver anexos) un BPMN (business process model and notation, por sus siglas en inglés), que es una representación de forma gráfica del proceso de cambio de molde.

Descripción de actividades:

1. Se acerca la grúa a máquina, lo más cerca posible con ayuda de control de grúa antes de que pare la máquina.
2. Se tiene listo el protector de molde, online, toalla azul y desmoldante para limpieza, así como herramientas a utilizar.
3. Se coloca llave actuadora para desmagnetizar en el panel de control y tarjeta de máquina marca Krauss Maffei o Engel.
4. Se coloca tarjeta de lock out en paro de emergencia en panel operador.
5. Se coloca la máquina en modo semiautomático y en lo que retira la última pieza se apagan termorreguladores, canal caliente y se cierran llaves de enfriamiento para obturadores.
6. Ya que el robot haya depositado la última pieza buena y llegado a home, se pone en modo manual al robot.
7. Se saca unidad de inyección (aplicando el correcto punto en software de máquina), se abre puerta y se apaga bomba.
8. Se aplica protector de molde.
9. Se enciende bomba y se cierra molde.
10. Se prende sistema magnético para despresurizar sistema hidráulico.
11. Se apagan noyós en panel operador y se pone en modo manual el calibrador de distancias de molde y cañón.
12. Se abre puerta y se apaga bomba.
13. Se engancha grúa a molde y se tensa a la experiencia de técnico.
14. Se desconectan equipos periféricos (canal caliente, enfriamiento, noyós, cables de señales de noyó y obturadores).

15. Se colocan seguros de molde.
16. Se da una revisión visual que este todo desconectado.
17. Se enciende bomba, se cierra puerta.
18. Se procede a desmagnetizar ambos lados.
19. Se abre prensa en modo seguro de molde en panel de control.
20. Se saca molde y se coloca en su lugar al costado de la máquina.
21. Se engancha grúa a molde a montar.
22. Se activa en panel operador el cambio de gripper, que deja el gripper dentro de máquina para poder cambiarlo.
23. Ya cambiado el gripper el robot se lleva a home en panel de control de robot.
24. Se levanta molde enganchado y se coloca en prensa.
25. Se prensa molde se calibra la posición a cero.
26. Se aplica fuerza de cierre.
27. Se magnetiza ambos lados.
28. Se retira grúa.
29. Se conectan equipos periféricos (canal caliente, enfriamiento, noyós, cables de señales de noyó y obturadores).
30. Se encienden termos, desde panel operador se enciende canal caliente y noyós.
31. Se retiran seguros de molde.
32. Se hace una revisión visual que todo esté conectado y sin fugas de agua o aceite
33. Se abre prensa molde se da una revisión a molde y se limpia molde en la espera del calentamiento del canal.
34. Se sacan restos de material si es necesario.

35. Se mete unidad de inyección a molde y se calibra a cero,
36. Se retira material sobre molde a baja velocidad depende de que tipo de polímero se trabaje.
37. Primer disparo en panel operador se le coloca cero de tiempo de sostenimiento y el punto de conmutación 10 milímetros más.
38. Segundo disparo se le coloca el punto de conmutación a lo que tenía originalmente y tiempo de sostenimiento a la mitad de tiempo.
39. Tercer disparo se le coloca todo el tiempo de sostenimiento a lo que tenía originalmente.
40. En el tercer disparo se mete el robot con velocidad baja para revisar que la rutina o programa este correcta.
41. Revisado ya la rutina o programa de robot se deja trabajando la máquina en modo automático para que revise el operador y técnico la pieza.
42. Si esta “ok” es decir buena la pieza se deja trabajando, en caso “no ok” es decir pieza con algún defecto se pide apoyo a ingeniero de proceso para su pronta solución al defecto.
43. Se revisa tiempo muerto por cambio de molde con el operador para su llenado de formato de producción.

CAPÍTULO III

3 PLAN

En este capítulo se describe la primera fase del ciclo PDCA donde se expone el análisis de indicadores y la identificación del problema dentro del proceso del cambio de molde como lo son sus tiempos de espera de las diferentes máquinas de inyección identificadas por tamaño y el impacto de la disponibilidad de máquinas de producción. Esta fase es un pilar importante ya que se debe identificar de manera concreta el problema para abordarlo y así tener continuidad en las siguientes fases del ciclo PDCA.

3.1 Análisis de Indicadores

En el área de inyección se tomó un factor importante a considerar respecto a los periodos entre junio y septiembre como se muestra en la Tabla 2, lo cual indica un problema de disponibilidad de las máquinas y como consecuencia un OEE (Overall Equipment Efficiency por sus siglas en inglés), que según Badiger y Gandhinathan (2008), menciona que el OEE tiene como meta tener una efectividad de equipos con relación a la productividad y tratar de reducir pérdidas lo más próximo a cero y que sea reconocido por la mayoría de organizaciones como un indicador.

En la Ilustración 6 según Cruelles (2010) la disponibilidad, el rendimiento y la calidad son valores entre 0 y 1, lo que hace que el OEE se represente como porcentaje. Este indicador refleja el rendimiento de los equipos como las máquinas y permite clasificar líneas de producción o plantas, comparándolas con las mejores de su clase. Generalmente, el OEE se clasifica en cinco rangos. En Motherson se encuentra en el rango del 85% que es una valoración aceptable, pero la disponibilidad de equipos esta por debajo del 85%.

Ilustración 6 Clasificación OEE

CLASIFICACION DEL OEE		
OEE	Valoración	Descripción
OEE<65%	Deficiente (Inaceptable)	Se producen importantes pérdidas económicas. Existe muy baja competitividad.
65%≤OEE<75%	Regular	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas. Existe baja competitividad.
75%≤OEE<85%	Aceptable	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85%≤OEE <95%	Buena	Entra en valores de Clase Mundial. Buena competitividad.
95%≤OEE≤100%	Excelente	Valores de Clase Mundial. Alta competitividad.

Fuente: Cruelles (2010).

3.2 Identificación de Problema

En el área de inyección se tiene un tiempo de cambio de molde estándar en donde en máquinas grandes es de 55 minutos, máquinas medianas de 44 minutos y máquinas chicas de 38 minutos. Este estándar se ve aumentado al tener tiempos muertos en el proceso de cambio de molde afectando a la disponibilidad de las máquinas y no cumplir con el plan de producción al 100% y por lo tanto a la producción de manera significativa. Con base a los registros proporcionados por Motherson de junio a septiembre de 2021 en la Tabla 2 se muestra el estándar que no se cumplió afectando en promedio un tiempo prolongado de 58 minutos para máquinas grandes, 45.2 minutos para máquinas medianas y de 39 minutos para máquinas chicas. La identificación de las máquinas por tamaño se identifica por tonelaje y se clasifican por estos grupos.

Tabla 2 Promedio vs. Objetivo (Target)

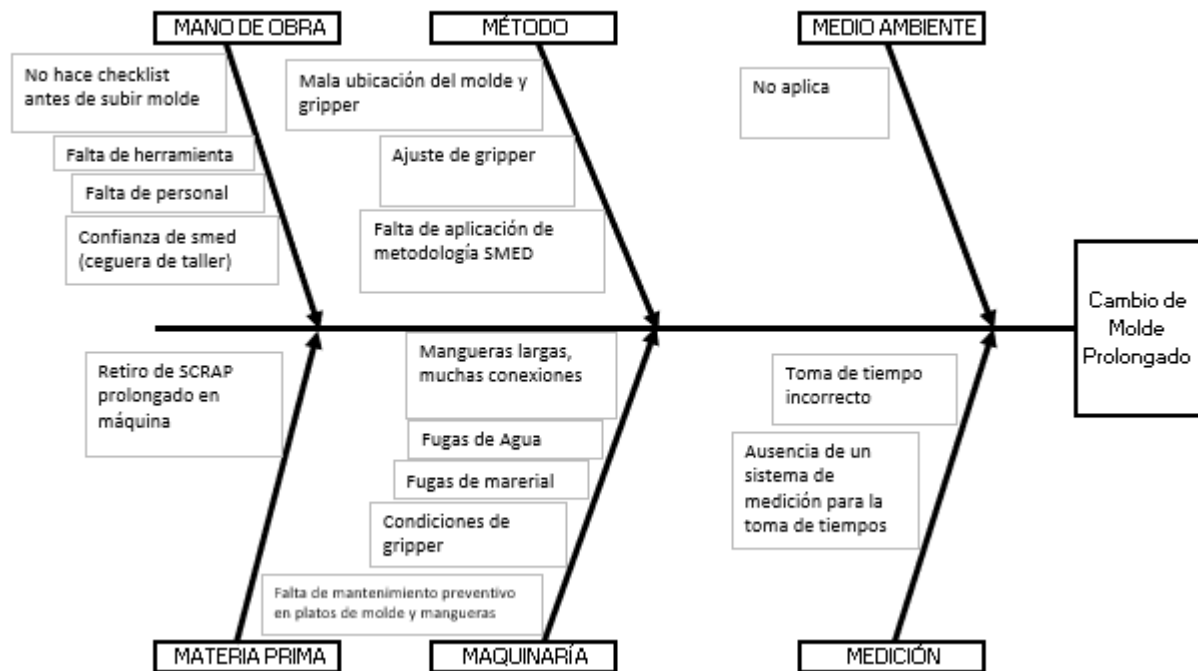
Tamaño de Máquina	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Promedio	Target	%
Máquinas Grandes	57.5	59.2	59.0	56.4	58.0	55.0	5.5
Máquinas Medianas	44.6	45.8	44.0	46.3	45.2	44.0	2.7
Máquinas Chicas	38.8	40.0	39.2	38.0	39.0	38.0	2.6

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1 Diagrama de Ishikawa

Partiendo del análisis del problema (*Ver Apartado 3.2*), se encuentran factores que se involucran negativamente cuando se realiza un cambio de molde y esto se comprobó con el equipo de técnicos, ya que ellos son los más importantes para el proceso y ven de cierta manera los factores que tienen un peso extra cuando se realiza un cambio de molde, que como consecuencia se tiene un lapso prolongado. En la Ilustración 7 que se muestra, se optó por realizar un diagrama de Ishikawa para encontrar la causa raíz del problema, en este se abordan las 6M (mano de obra, método, medio ambiente, medición, materia prima y maquinaria) en donde se describen también a continuación:

Ilustración 7 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia

Partiendo de este resultado con el diagrama presentado y encontrando las diferentes causa-raíz; se llega a un diferente análisis que tendrá relevancia más adelante para poder mejorar el proceso de cambio de molde en donde se reduzca el tiempo en las máquinas de inyección, así como

diferentes condiciones de trabajo. Este diagrama es muy importante ya que se muestran las características de cada uno de los factores, que se detectaron en el diagrama de Ishikawa:

Mano de Obra:

- No hace lista de verificación antes de subir moldes (Consecuencia: incidente o demora cuando lo realiza posterior al cambio de molde y no antes).
- Falta de herramienta. Se le cuestionó a cada uno de los técnicos que herramienta requerían para que máquina y que tipo de herramienta, se sugirió utilizar una lista de herramienta final que se presentará en el capítulo IV, así como la implementación de pistola de impacto neumática y dados en máquina 3200-0 por ajuste de bridas de forma manual.
- Falta de personal. Al momento de realizar los cambios de molde se necesita más de un técnico, ya que involucra mucho esfuerzo físico, así como actividades que también tienen asignadas las cuales al momento de tener un cambio de molde las interrumpen como arrancar una máquina, validar piezas, validar proceso de cambio de gripper en concreto se requiere contar con un técnico más por turno al menos, en la Tabla 3 se describe como trabajarían si existiese más personal con base a un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) que ayudó a conocer el impacto interno y externo en el área de inyección:

Tabla 3 FODA

Fortalezas	Debilidades
Cuando se integra un técnico más para apoyar al cambio de molde, es más eficiente.	Cuando se juntan los cambios el técnico deja de apoyar a su compañero.
Evita el cansancio físico.	Mala programación de cambios de molde.
Se tienen las herramientas más cerca con el otro técnico.	
Se reduce tiempo de cambio de molde.	
Oportunidades	Amenazas
Cambios de molde de aproximadamente 25 minutos.	Pagar sueldo extra.
Personal más motivado.	Capacitación tardía.
Reconocimiento por la empresa.	
Mayores utilidades a la empresa.	

Fuente: Elaboración Propia

Método

- Mala ubicación de grippers. Esto se debe a que los grippers no están en una zona estratégica para que el técnico pueda tomarlos y ahorrar tiempo al momento de trasladar o tener alguna refacción en esas zonas.
- Ajuste de gripper. Este es un problema que transcurre en todos los turnos el ajustar gripper cuando se monta en una máquina que no es, requiere siempre de tener que ajustar de alguna u otra forma ya que detiene la producción y es un tiempo muerto que conlleva hasta casi un turno poder ajustar un gripper y es un problema que viene desde una mala programación de cambios de molde en diferentes máquinas

hasta no cargar o no trasladar bien el gripper lo cual lo desestabilice al momento de montar en robot.

- No aplicar metodología SMED. No se ha aplicado una metodología que pueda contribuir a reducir los cambios de molde en área lo cual podría ser un factor importante.

Medición

- En cuestión de este aspecto el técnico no toma bien su tiempo al momento de cambiar molde ya que no tiene un dispositivo que lo pueda medir de forma exacta para poder documentarlo en check list, esto implica que el tiempo que miden no es exacto.

Materia Prima

Al momento de que se requiere extraer la materia prima en este caso se ocupa pellet para plastificar de acuerdo con el plan de producción y que no afecte al cambio de molde de la unidad de inyección es demasiada o el técnico extrae de más y este proceso es tardado por lo tanto se desperdicia material es por ello por lo que se debe tener un sistema de extracción de materia prima.

Maquinaria

- Mangueras largas. Las mangueras que traspasan el agua para el control de temperatura son largas, esto se debe a que al momento de que el molde se abre las mangueras requieren una longitud para que alcance la distancia correcta y se encienda canal caliente de molde.
- Muchas conexiones de mangueras. Uno de los factores que se observó en el Capítulo IV, al conectar y desconectar mangueras en el proceso de cambio de molde

es tardado ya que son alrededor de 3 a 5 mangueras y este proceso puede tardar hasta 10 minutos en completarse.

- Fuga de agua y material. El problema de las conexiones es que abarca mucho ya que se presenta fuga de agua y aceite esto aumenta tiempo al momento de montar el molde porque se debe llamar a mantenimiento y ese tiempo que hay entre el tiempo de respuesta y el proceso para arreglar la fuga es tardado mientras el tiempo muerto corre y para el cambio de molde respectivamente.
- La fuga de material en este caso del pellet también es un punto para analizar ya que influye entre el abastecedor de pellet para poder controlar este problema y esto ocurre también en los tiempos y en el proceso de cambio de molde.
- Condiciones de gripper y mantenimiento a platos de molde. Se combinan estos factores al no tener un mantenimiento adecuado entre grippers, mangueras, platos de molde y abracaderas ya que no existe un mantenimiento preventivo para reducir estos defectos en donde se involucran nuevamente en el proceso de cambio de molde.

Criterios para encontrar la causa raíz mediante una matriz:

Para poder encontrar la causa raíz por medio del diagrama de Ishikawa se elaboró una tabla que por medio de ponderación se aplicaron diferentes criterios: **1** como criterio bajo o no importante, **2** como criterio medio con importancia y **3** como criterio alto con importancia alta a cada una de las diferentes causas. Se indican las causas, posibles soluciones, así como los totales. Esta tabla se elaboró en conjunto con el equipo de técnicos por medio de ponderación y a criterio con base en su experiencia, seleccionando el mayor puntaje como la causa raíz del problema. Para comprender mejor la tabla se describirán a continuación los diferentes criterios:

Factor: Contribuye o influye en una situación en este caso en la causa del problema.

Causa Directa: Que causa es la que tendría más impacto en la problemática.

Solución: La evaluación de los aspectos tomando en cuenta su viabilidad.

Factible: Es factible tomando en cuenta los recursos, condiciones y circunstancias disponibles.

Medible: Se puede medir o no la solución presentada.

Bajo Costo: La solución implica tener algún costo en el proceso.

No aplicar metodología SMED. Para esta causa raíz entre el equipo de técnicos como ingenieros de proceso se eligió como la más relevante, la que tiene más puntuación de acuerdo con la tabla que se muestra a continuación, (*ver Tabla 4*). la producción, implica el llevar a cabo una medición de tiempo muerto y partiendo de este separar actividades internas y externas para después disminuir tiempo en actividades internas.

Tabla 4 Matriz de Criterios

Causas	Soluciones	Criterios						Totales
Método	Solución	Factor	Causa Directa	Solución	Factible	Medible	Bajo Costo	
Mala ubicación del molde	Hacer bases para grippers	2	2	2	2	1	1	10
Ajuste de gripper	Colocar grippers en una máquina específica	1	1	1	1	1	1	6
No se aplica metodología SMED	Aplicación de metodología SMED	3	2	3	3	3	2	16
Mano de Obra	Solución	Factor	Causa Directa	Solución	Factible	Medible	Bajo Costo	
No hace checklist antes de subir	Elaborar check list antes de montar molde	2	2	1	1	3	1	10
Falta de herramienta	Obtener nueva herramienta	1	2	1	1	1	3	9
Falta de personal	Reclutar a otro técnico por turno	1	1	2	3	1	3	11
Confianza de smed (ceguera de taller)	Capacitación continua	1	2	1	2	2	2	10
Materia Prima	Solución	Factor	Causa Directa	Solución	Factible	Medible	Bajo Costo	
Retiro de SCRAP prolongado	Obtener un equipo que retire material en el área	1	1	1	1	1	1	6
No se abastece pellet a tiempo	Crear un horario específico para esa actividad	1	1	1	1	1	1	6
Maquinaria	Solución	Factor	Causa Directa	Solución	Factible	Medible	Bajo Costo	
Falta de mantenimiento preventivo en platos de molde y mangueras	Crear un plan de acción para un plan de mantenimiento	3	2	2	2	3	2	14
Condiciones de gripper	Tener un plan de mantenimiento mensual o semanal	1	2	3	3	3	1	13
Fugas de material	Tener un plan de mantenimiento	1	1	2	1	3	1	9
Fugas de Agua	Tener un plan de mantenimiento	1	2	2	1	3	1	10
Mangueras largas, muchas conexiones	Cambiar el sistema de mangueras a un solo manifold	2	2	3	3	1	3	14
Medición	Solución	Factor	Causa Directa	Solución	Factible	Medible	Bajo Costo	
Toma de tiempo incorrecto	Toma efectiva por mediodos minutos en cronómetro	1	2	1	1	3	1	9
Ausencia de un sistema de medición para la toma de tiempos	Tener cronómetros para cada uno de los técnicos	1	2	1	1	3	2	10

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 Diagrama de Pareto

De acuerdo con la matriz de criterios en donde la falta de aplicación de la metodología SMED en una causa raíz con más relevancia, se aplicó la regla básica del 80/20 por medio de un

diagrama de Pareto para ahora saber cuál es la actividad que más se presenta en un cambio de molde que se demora en tiempo es por ello que el diagrama de Pareto da pauta a conocer en qué actividad se le puede dar más enfoque a este análisis, este se aplicó con el equipo de técnicos así como la descripción del proceso de cambio de molde en donde se visualiza en el Capítulo II. En la Tabla 5 se describen las actividades que más tienen un lapso prolongado de tiempo y que interfieren de forma directa en el tiempo de cambio de molde, analizando dicha tabla se explica como aquellas actividades que más demoran en hacer un cambio de molde son más frecuentes en el área y de tal manera el tiempo prolongado que se realiza en segundos. El diagrama de Pareto se realizó en máquinas chicas, medianas y grandes de acuerdo con los resultados de la tabla 2, se eligieron 5 máquinas de diferente tonelaje.

Tabla 5 Actividades de Cambio de Molde

			Datos		Máquina					Σ
Top	Down Time (seg)	F	FRA	1300-2	1300-1	1300-6	1250-1	3200-0	TOTAL	
Desconecta mangueras de enfriamiento	1120	7%	7%	360	220	240	300	160	1120	
Se saca molde y lo coloca en piso	1040	7%	14%	270	260	270	240	144	1040	
Engancha molde entrante	546	4%	18%	120	126	180	120	100	546	
Cambia gripper	709	5%	5%	180	120	259	150	140	709	
Manipula grúa	1128	7%	12%	300	300	260	268	116	1128	
Conecta mangueras de enfriamiento	1225	8%	20%	365	200	300	360	391	1225	
Se sube para conectar hartings de canal caliente	388	3%	23%	138	60	70	120	66	388	
Espera que caliente el canal	1050	7%	29%	240	240	270	300	180	1050	
Debe extraer resto de materia prima	1180	8%	37%	420	360	0	400	1006	1180	
Ajuste de gripper	2640	17%	54%	600	1200	540	300	60	2640	
Cambio de material	390	3%	57%	150	120	0	120	0	390	
Busqueda de cables para noyo	245	2%	59%	245	0	0	0	0	245	
Fugas de agua	540	4%	62%	300	120	0	120	0	540	
Falta de empaque	180	1%	63%	180	0	0	0	0	180	
Cambia bridas manualmente	2160	14%	14%	0	0	0	0	2160	2160	
Limpia molde por dentro	265	2%	16%	60	70	64	71	50	265	
Trae control para grúa	483	3%	19%	120	120	120	123	0	483	
	15289	100%		4048	3516	2573	2992	4573	15289	

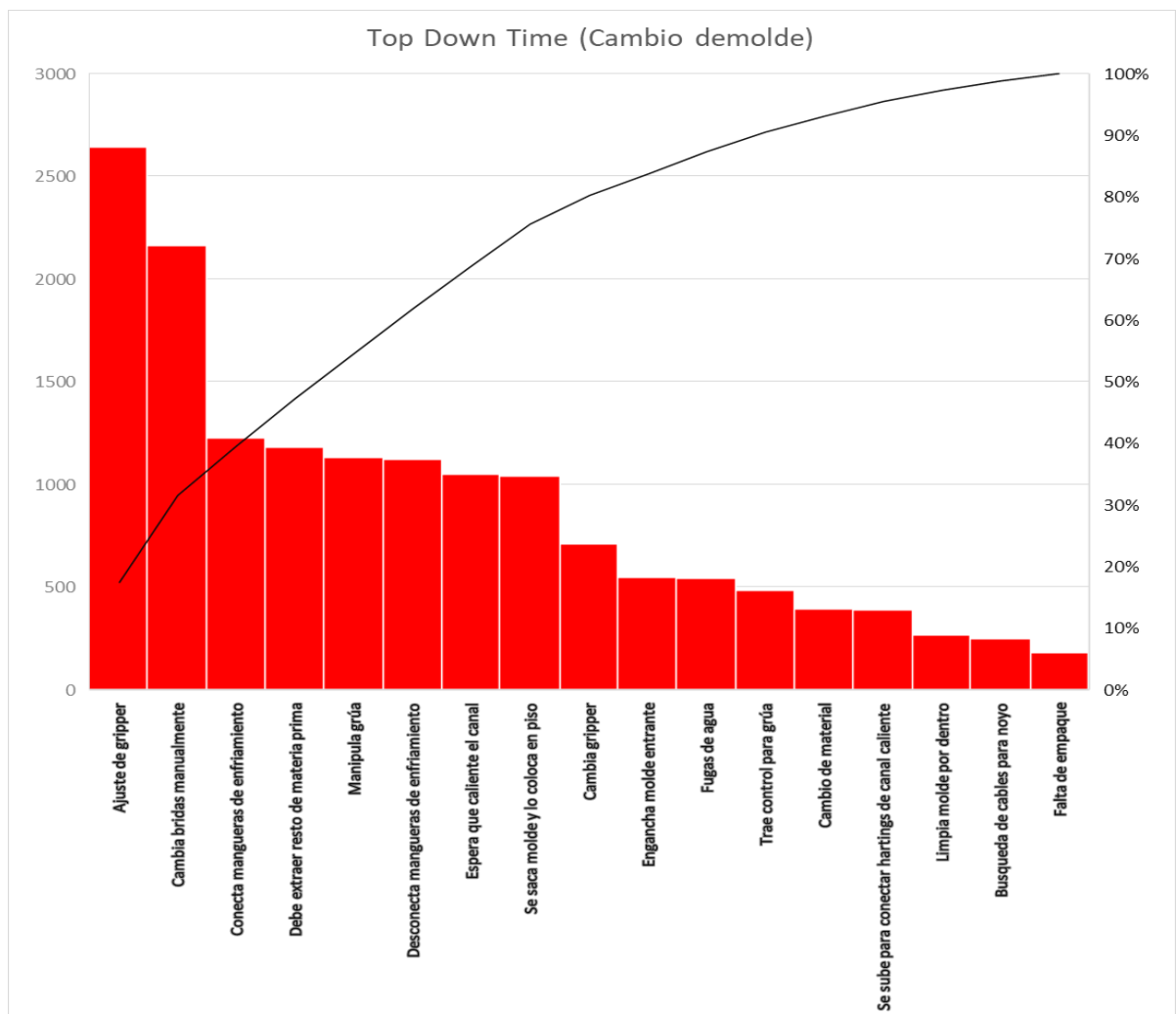
Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 8 se observa dicho tiempo, la actividad más relevante en el cambio de molde es el ajuste de gripper, así como conectar y desconectar mangueras de molde y la manipulación de grúa, ajuste de bridas manualmente con llaves hexagonales, que tiene impacto en maquina 3200-0, estás son las actividades que mayor tiempo demoran en donde el 80% de los

tiempos de inactividad provienen de 20% de las causas. Es por ello por lo que se tomó en cuenta la siguiente acción para atacar el problema como plan de acción:

- Realizar plan de 5'S en la gaveta de grippers y herramienta para ajuste.
- Realizar plan de 5'S en el área de grippers cerca de máquina con bases para los mismos.
- En la lista de herramental como propuesta incluir pistola de impacto neumática en máquina 3200-0.

Ilustración 8 Pareto



Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente Tabla 6 se dan a conocer las mejoras que se muestran en el siguiente Capítulo IV por medio de un plan de acción con fecha de inicio y fin, así como los responsables de cada acción que a lo largo del proyecto se ven reflejadas en los resultados.

Tabla 6 Plan de Acción

ID	Método Causa-Raíz	Identificación del Problema	Plan de Mejora	Acciones	Inicio	Fin	Responsable
1	Ishikawa 6M	No se aplica metodología SMED	Aplicación de metodología SMED	1. Actualizar hoja de instrucción de trabajo	20/09/2021	18/04/2022	Oliver Carreón, Pablo Hernández, Salvador Hernández.
				2. Trabajar en paralelo con dos técnicos	10/01/2022	17/05/2022	Oliver Carreón, Salvador Hernández
		Falta de herramienta	Hacer lista de herramienta faltante	3. Hacer check list para verificar herramienta en buen estado	05/10/2022	10/12/2022	Oliver Carreón, Jair Domínguez Salvador Hernández.
							Oliver Carreón, Jair Domínguez Salvador Hernández.
2	Pareto 80/20	Falta de ajuste de gripper	Mejorar condiciones para grippers	4. Aplicación de 5'S en área de grippers y gaveta de herramientas	05/04/2023	05/06/2023	Oliver Carreón, Pablo Hernández, Salvador Hernández.
		Ajuste de bridas manualmente	Incluir pistola de impacto neumática	5. Incluir en la lista de herramientas pistola de impacto y comprarla	05/03/2023	24/04/2023	Oliver Carreón, Jair Domínguez, Salvador Hernández.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

4 DO

Para la siguiente fase dentro del ciclo PDCA, (Do), se presentan propuestas de mejora en el área, de acuerdo con el análisis de causa raíz como el diagrama de Ishikawa, análisis FODA empleando así mismo la metodología SMED.

4.1 Planes de Mejora

Los planes de mejora que se presentaron se verán a continuación, cabe mencionar que los planes de mejora fueron en conjunto tanto personalmente, como trabajando en equipo con el personal del área; de las cuáles por decisión del gerente e ingenieros de proceso se eligieron las que tuvieron un mayor impacto en la producción de manera continua, pero queda el registro de las propuestas para que en algún momento se puedan realizar.

4.2 Propuestas de Planes de Mejora

A continuación, se presentan los planes de mejora de acuerdo con la metodología PDCA y el estudio del proceso de cambio de molde en el área de inyección:

4.2.1 Metodología SMED

Etapas Preliminares

La causa raíz más relevante que se describió en el diagrama de Ishikawa implica el llevar a cabo SMED (ver Capítulo III) sobre el puntaje mayor ponderado con base a criterios.

Como antecedente en el año 2021 se proporcionaron informes periódicos como indicadores del cambio de molde, se hizo un conteo presentando tiempos de todas las máquinas del área de inyección que se registran en el área al finalizar turno por parte del ingeniero de procesos.

Primera Etapa

A continuación, en la Tabla 7, se presenta un listado de actividades internas y externas del cambio de molde en el área de inyección en donde con ayuda de un video filmado se interactuó

con el equipo de técnicos y gerencia sobre las distintas formas de llevar a cabo un cambio de molde estándar para máquinas medianas, así como una secuencia de pasos que se presentaron, antes se describirá la simbología presentada para describir el proceso, en esta se describen los diferentes símbolos ocupados de un diagrama de flujo de proceso:

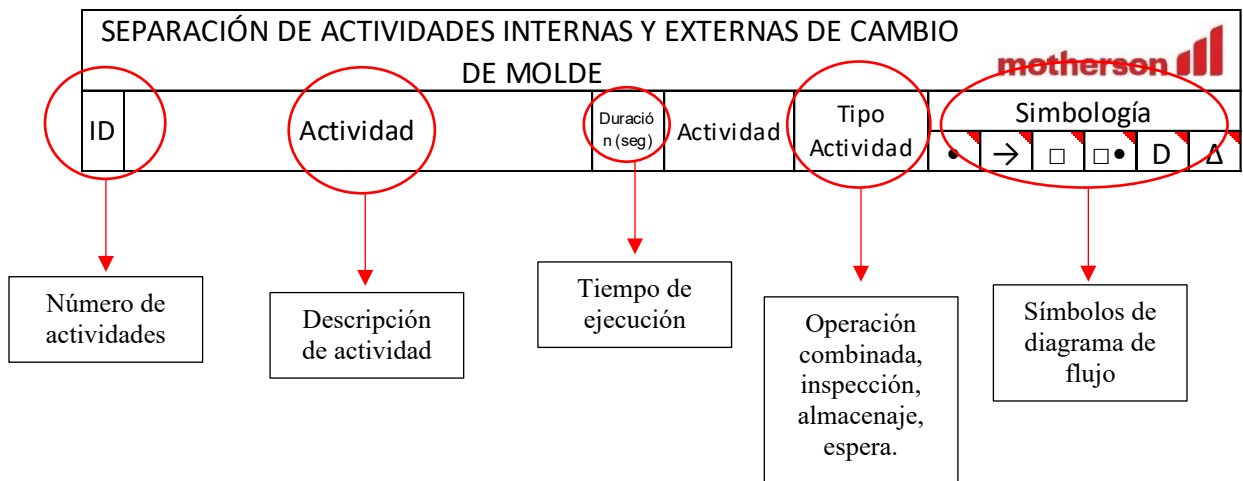
Tabla 7 Simbología Diagrama de Flujo de Procesos

Símbolo	Significado
●	Es la operación que se realiza ya sea de manera manual o automatizada.
→	Es el transporte que se ocupa o que el proceso requiere de dicha transportación para pasar al siguiente proceso.
□	Es la inspección que se realiza del proceso como validación.
□ ●	Es la operación combinada que requiere de hacer al mismo tiempo una actividad con ayuda de alguien.
D	Demora del proceso en donde se involucra el tiempo.
Δ	Almacenaje de pieza o alguna otra parte involucrada en el proceso que se requiera guardar.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se describe en la siguiente tabla el tiempo de duración en segundos que fue el resultado de la filmación del video, la separación de actividades internas y externas expuestas en la tabla y el número de actividades (*ver Figura 4*):

Figura 4 Titulo Lista de Actividades



Fuente:
Elaboración Propia

Para describir los resultados por actividad en tiempo segundos, en la parte inferior de las siguientes tablas se suma el total por cada tabla, se observa la cantidad de actividades internas del cambio de molde, se hacen ajustes de máquina principalmente. A continuación, en la Tabla 8 se comienza por describir paso por paso de manera estructura por el diagrama de flujo de proceso el cambio de molde:

Tabla 8 Separación Actividades 1

SEPARACIÓN DE ACTIVIDADES INTERNAS Y EXTERNAS DE CAMBIO DE MOLDE					
ID	Actividad	Duración (seg)	Actividad	Tipo Actividad	Simbología
					• → □ □ • D Δ
1	Se busca que el molde no este en mantenimiento y se trae grúa	80	Externa	Operación Combinada	□ •
2	Se engancha molde y se trae a máquina cerca	74	Externa	Transporte	→
3	Coloca llave actuadora para desmagnetizar molde	18	Externa	Operación	•
4	Pone paro de emergencia con ayuda de la tarjeta de lock	10	Externa	Operación	•
5	Pone máquina en modo semiautomático y produce última pieza	85	Externa	Operación	•
6	Apaga termolreguladores, canal caliente y se cierran llaves de enfriamiento para obturadores	65	Interna	Operación	•
7	Se almacena y/o valida última pieza buena con ayuda de operador	40	Interna	Almacenaje	Δ
8	Pone robot en modo manual	20	Interna	Operación	•
9	Se saca unidad de inyección	70	Interna	Operación	•
10	Abre puerta de máquina y apaga bomba	8	Interna	Operación	•
11	Se tiene listo protector de molde, online, toalla azul y desmoldante, se trae carrito de herramientas	40	Interna	Transporte	→
12	Aplica protector a molde que se va a bajar	28	Interna	Operación	•
13	Se busca gripper y se trae a máquina (si está en cabina de máquina o en base de gripper)	67	Interna	Transporte	→
Duración Total (segundos)					
605					

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 9 la duración por tiempo en segundos es de 709 en donde ya las actividades internas forman parte del proceso con la máquina apagada.

Tabla 9 Separación Actividades 2

SEPARACIÓN DE ACTIVIDADES INTERNAS Y EXTERNAS DE CAMBIO DE MOLDE					motherson 						
ID	Actividad	Duración (seg)	Actividad	Tipo Actividad	Simbología						
					•	→	□	□•	D	Δ	
14	Cierra molde, sale y cierra puerta de máquina	40	Interna	Operación	•						
15	Prende sistema mágentico para desprezurar sistema hidráulico	48	Interna	Espera						D	
16	Apaga noyos, ajusta máquina en modo manual calibración de cañón y molde	20	Interna	Operación							
17	Abre puerta, se sube a molde para enganchar a grúa	25	Interna	Operación	•						
18	Desconecta hartings de canal caliente	15	Interna	Operación	•						
19	Desconecta mangueras de enfriamiento, noyos, cables de señal de noyos y obturadores	229	Interna	Operación Combinada				□•			
20	Coloca seguro de molde	14	Interna	Operación	•						
21	Sale de máquina, cierra puerta y enciende bomba	15	Interna	Operación	•						
22	Desmagnetiza platinas movil y fija desde máquina	18	Interna	Operación	•						
23	Abre prensa en modo seguro de molde	20	Interna	Operación	•						
24	Se saca molde con cuidado de máquina y lo coloca en piso	180	Interna	Operación	•						
25	Engancha molde entrante con grúa y ganchos	74	Interna	Operación	•						
26	Se activa en panel modo operador el cambio de gripper	11	Interna	Inspección				□			
Duración Total (segundos)											
709											

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 10 se observa el comportamiento de cada una de las actividades internas, donde la actividad número 35 tiene un tiempo en segundos de 229 de operación cuando la máquina está detenida.

Tabla 10 Separación Actividades 3

SEPARACIÓN DE ACTIVIDADES INTERNAS Y EXTERNAS DE CAMBIO DE MOLDE					motherson 						
ID	Actividad	Duración (seg)	Actividad	Tipo Actividad	Simbología						
											
27	Procede a cambiar gripper saliente dentro de máquina	65	Interna	Operación	•						
28	Robot se lleva a posición de home	10	Interna	Espera						D	
29	Se cambia gripper entrante	65	Interna	Operación	•						
30	Levanta molde y mete a máquina	150	Interna	Operación Combinada					•		
31	Calibra a posición cero	8	Interna	Operación	•						
32	Aplica fuerza de cierre	5	Interna	Operación	•						
33	Magenitza platinas movil y fija	15	Interna	Operación	•						
34	Retira grúa de máquina con cuidado sin golpear robot	150	Interna	Operación	•						
35	Conecta mangueras de enfriamiento, noyos y cables de señal de noyo	229	Interna	Operación Combinada					•		
36	Se sube técnico para conectar hartings de canal caliente	33	Interna	Operación	•						
37	Baja de molde y retira los seguros de molde entrante	28	Interna	Operación	•						
38	Abre prensa de máquina y limpia molde	5	Interna	Operación	•						
39	Aumenta temperatura de canal caliente	184	Interna	Espera						D	
Duración Total (segundos)											
947											

Fuente: Elaboración Propia

En Tabla 11 el tiempo que más demora una actividad interna de cambio de molde es el de extraer restos de material, así como la actividad de retirar material de molde.

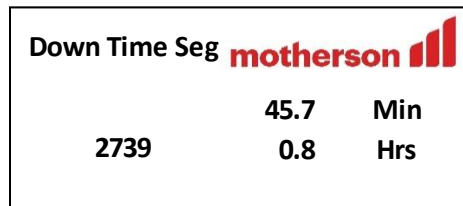
Tabla 11 Separación Actividades 4

SEPARACIÓN DE ACTIVIDADES INTERNAS Y EXTERNAS DE CAMBIO DE MOLDE					
motherson					
ID	Actividad	Duración (seg)	Actividad	Tipo Actividad	Simbología
					• → □ □• D Δ
40	Debe extraer restos de materia prima (pellet) en caso de requerirlo	120	Interna	Operación	•
41	Mete unidad de inyección y calibra a cero	55	Interna	Operación	
42	Extrae restos de material con molde abierto en caso de ser necesario	129	Interna	Operación	
43	Cierra puerta de máquina	10	Interna	Operación	
44	Se comienza a hacer primera inyección, coloca a cero el tiempo de sostenimiento y conmutación (solo para realizar primeros disparos)	20	Externa	Operación	
45	Hace segunda inyección y se coloca tiempo de sostenimiento y conmutación estandar	20	Externa	Operación	
46	Hace la tercera inyección, deberá salir primera pieza buena	20	Externa	Operación	
47	Valida pieza buena	39	Externa	Inspección	
48	Valida tiempo muerto junto con operador	65	Externa	Inspección	□
49					
50					
51					
52					
Duración Total (segundos)					
478					

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la Ilustración 9 se presenta el resultado final del tiempo muerto del cambio de molde en donde se realizó la prueba y medición de tiempos correspondiente a cada actividad sumándolas:

Ilustración 9 Medición de Tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Esta ilustración 10 se identifica con la siguiente formula:

Ilustración 10 Down Time Minutos y Horas

$$\begin{aligned} \text{Tiempo muerto de cambio de molde en minutos} &= \frac{2739 \text{ segundos}}{60} \\ \text{Tiempo muerto de cambio de molde en minutos} &= 45.7 \text{ minutos} \\ \text{Tiempo muerto de cambio de molde en horas} &= \frac{45.7 \text{ minutos}}{60} \\ \text{Tiempo muerto de cambio de molde en horas} &= 0.8 \text{ horas} \end{aligned}$$

Fuente: Elaboración Propia

Segunda Etapa

Para transformar actividades internas en externas, fue esencial validar las etapas del proceso de cambio de molde, con el fin de optimizar la eficiencia. Se priorizaron aquellas actividades internas que debían ser externalizadas para facilitar un cambio de molde más eficaz. Se realizó un análisis que separa estas actividades, detalladas en la fase anterior, utilizando una tabla que mide el tiempo requerido para su ejecución. Esta etapa se llevó a cabo en colaboración con el equipo de técnicos quienes aportaron ideas sobre las actividades implicadas. Además, se llevó a cabo un análisis de la tabla, lo que permitió identificar áreas de mejora y establecer estrategias para reducir el tiempo de inactividad durante los cambios de molde.

Tabla 12 Actividades a mejorar

11	Se tiene listo protector de molde, online, toalla azul y desmoldante, se trae carrito de herramientas	40	Interna	Transporte	→
12	Aplica protector a molde que se va a bajar	28	Interna	Operación	•
13	Se busca gripper y se trae a máquina (si está en cabina de máquina o en base de gripper)	67	Interna	Transporte	→

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Tabla 12, las actividades que el técnico realiza de manera interna pueden transformarse en externas para mejorar la eficiencia. Por ejemplo, el técnico a menudo no tiene las herramientas a mano cuando inicia el cambio de molde, lo que resalta la necesidad de prepararlas antes de detener la máquina. Esto reduciría el tiempo de inactividad.

Además, el técnico busca el gripper solo después de que la máquina ha parado, lo que implica que debe localizarlo y verificar su estado, un proceso que puede tomar más de un minuto, especialmente si el gripper está lejos. Para optimizar este proceso, se pueden externalizar dos actividades: primero, asegurar que todas las herramientas necesarias estén listas y en buen estado antes del cambio; y segundo, traer el gripper con anticipación y colocarlo cerca de la máquina, lo que facilitaría su uso inmediato durante el ajuste, minimizando así el tiempo de inactividad. (Ver Tabla 13).

Tabla 13 Actividades de Mejora

11	Se tiene listo protector de molde, online, toalla azul y desmoldante, se trae carrito de herramientas	40	Externa	Transporte	→
12	Aplica protector a molde que se va a bajar	28	Interna	Operación	•
13	Se busca gripper y se trae a máquina (si está en cabina de máquina o en base de gripper)	67	Externa	Transporte	→

Fuente: Elaboración Propia

Tercera Etapa

Se busca optimizar las actividades internas y externas asociadas al cambio de molde, con el objetivo de alcanzar la máxima eficiencia en este proceso. Para lograrlo, se propuso combinar ciertas actividades internas que pueden realizarse en paralelo, así como integrar a los dos técnicos en cada cambio de molde para trabajar de manera escalonada sin afectar a la programación del plan de producción. Esta estrategia no solo permite una distribución más efectiva de las tareas, sino que también proporciona un apoyo mutuo entre los técnicos, lo que les ayuda a estar mejor preparados para llevar a cabo el proceso (*ver Tabla 14*).

Simbología:



- (Color Vino): Técnico número 1



- (Color Durazno): Técnico número 2

Tabla 14 SMED Actividades Paralelas

ID	Técnicos en conjunto	Actividad	Duración total (seg)	Tipo de Actividad
1	1	Manipula IMM (Apaga canal, pone robot manual, apaga unidad inyección)	60	Operación combinada
	2	Apaga termos		
2	1	Trae grúa a IMM	180	Operación combinada
	2	Limpia molde (protector)		
3	1	Engancha grúa a molde	360	Operación combinada
	2	Comienza a desconectar mangueras, agua, hidráulicas, etc.		
4	1	Desconecta hartings	120	Operación combinada
	2	Coloca seguro de molde		
5	1	Tensa grúa	90	Operación combinada
	2	Desmagnetiza platinas móvil y fija		
6	1	Sube molde	120	Operación combinada
	2	Trae gripper entrante a IMM		
7	1	Coloca molde saliente en zona de moldes	180	Operación combinada
	2	Cambia gripper		
8	1	Trae grúa a molde que se va a montar	120	Operación combinada
	2	Cambia programa gripper		
9	1	Mete molde a IMM	360	Operación combinada
	2	Conecta mangueras, aguaq, hidráulicas, etc.		
10	1	Conecta hartings	150	Operación combinada
	2	Manipula IMM (Prende canal, unidad de inyección, magentiza)		
11	1	Retira grúa de IMM	90	Operación combinada
	2	Prende termos		
12	1	Purga en caso de ser necesario	300	Operación combinada
	2	Espera de canal caliente encienda		
13	1	Mete unidad de inyección y espera primer disparo	90	Operación combinada
	2	Llena check list final de cambio de molde		

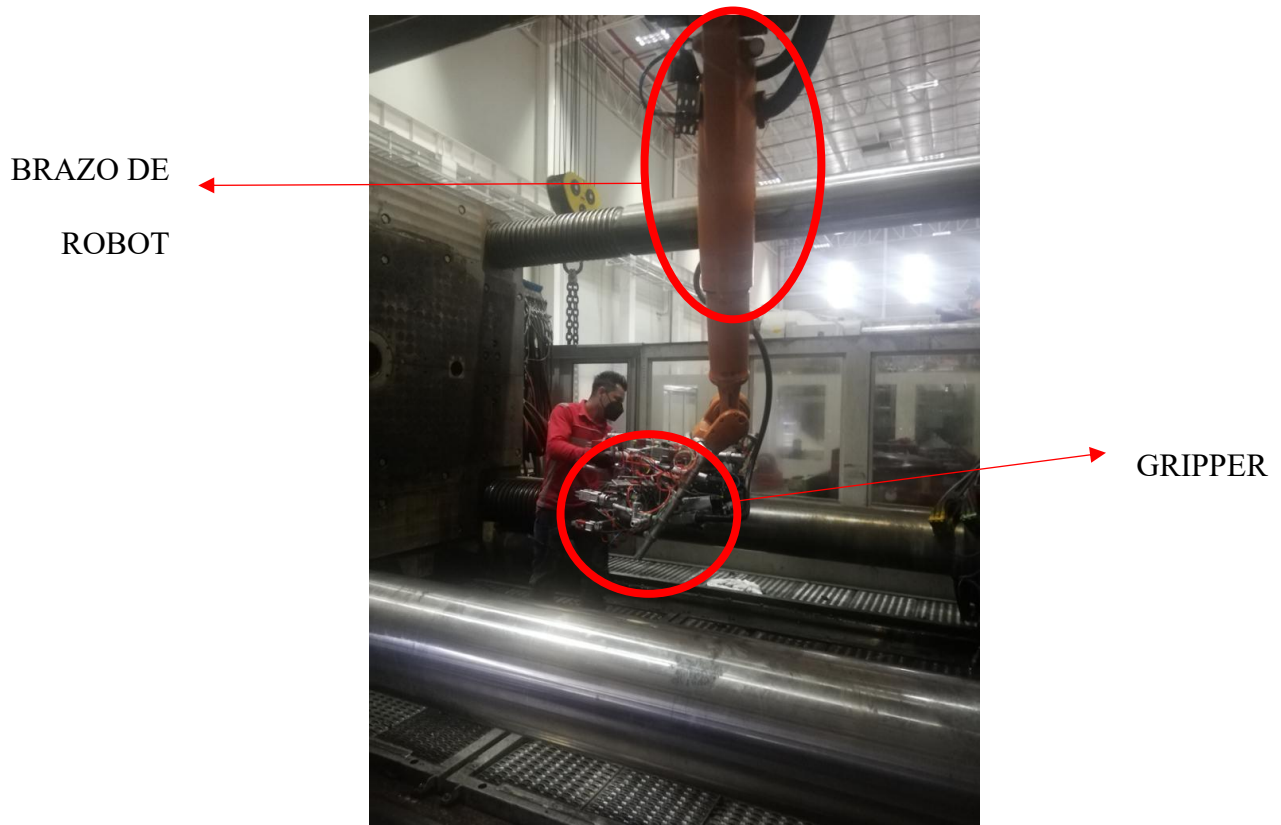
Fuente: Elaboración Propia

El impacto que se obtuvo en la aplicación de la metodología SMED se puede observar en el capítulo V en donde se expresa la estandarización respecto al nuevo método de trabajo desde seguir la correcta instrucción de trabajo y las mediciones de tiempo en cada turno dándole seguimiento y tomar acciones de acuerdo con el resultado.

4.2.2 Metodología 5'S

Los grippers son parte fundamental para un proceso de cambio de molde ya que se conectan con el robot que hace la función de tomar la pieza para pasarla a una banda transportadora donde pasa a un siguiente proceso de validación la pieza de plástico. Se muestra una imagen en donde se puede visualizar el área de trabajo de los técnicos:

Figura 5 Técnico en el proceso de cambio de molde



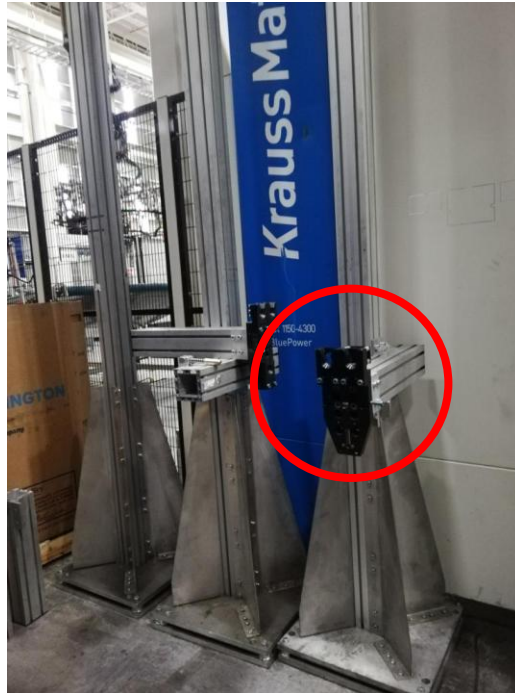
Nota. Fotografía tomada por el autor. 1

Estos gripper tienen respectivas zonas en donde se ubican dependiendo del tipo de máquina y del proceso en donde se ubican por separado. (Ver Figura 5).

La problemática es que los grippers quedaban en el suelo porque son más de 50, además de no tener una base que los proteja de golpes ni mucho menos de caídas.

Para empezar con esta metodología se encontró una zona de bases de gripper que no estaban habilitadas para soportar grippers, ni mucho menos tenían una base para colocarlos a continuación se presentan las bases que se encontraron en donde no tenían funcionamiento alguno como se muestra en la Figura 6.

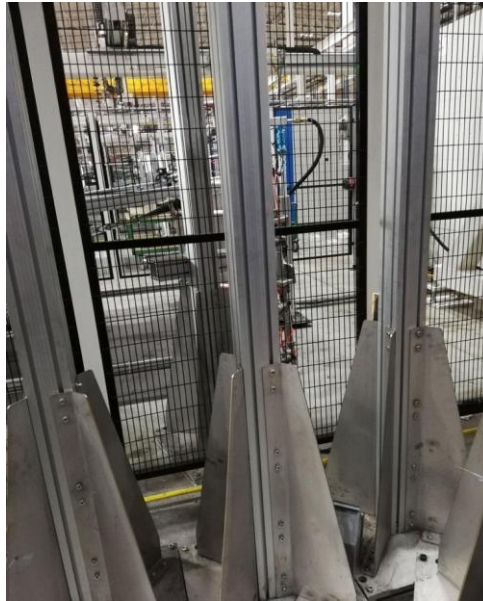
Figura 6 Bases



Nota. Fotografía tomada por el autor. 2

Estas bases tienen la función de sostener los grippers nuevos en la parte posterior de la base de color negro en donde se pueden ver en la figura, (ver Figura 7).

Figura 7 Bases 2



Nota. Fotografía tomada por el autor. 3

Paso 1: Clasificación

Se clasificaron las bases que se encontraban en buen estado para que soportaran los grippers, eran cuatro bases en donde tres se decidieron habilitar a continuación se presentan en la Figura 8:

Figura 8 Bases para metodología



Nota. Fotografía tomada por el autor. 4

Paso 2: Organización

Una vez que las bases se eligieron para habilitar se decidió por organizar tanto postes de bases como piezas para sostener el gripper en buena posición, así como separando los tornillos (ver Figura 9).

Figura 9 Organización de Piezas



Nota. Fotografía tomada por el autor. 5

Paso 3: Limpieza

Se limpiaron los postes de las bases de grippers, así como los componentes que las conforman como ya se mencionó antes tornillos y bases, también se empezó a construir la base juntando piezas y atornillando las demás, así como empezar a unir postes, (ver Figura 10):

Figura 10 Armado de Base



Nota. Fotografía tomada por el autor. 6

Paso 4: Estandarizar

Después del armado de la base se optó por estandarizar el lugar correcto para que la base se habilitara en una zona cuya posición sería estratégicamente elegida para que al momento de transportar los grippers estuvieran lo más cerca posible de las máquinas y del técnico para tomarlo y tener un cambio de molde más eficiente y rápido en los diferentes turnos para que sea fácil localizarlo. (*Ver Figura 11*).

Figura 11 Base Nueva



Nota. Fotografía tomada por el autor. 7

Paso 5: Mantener

Terminada la base para acondicionar los grippers en donde como resultado fue una excelente metodología que se realizó para que los grippers se mantengan en buen estado, así como en un orden específico, se hizo una difusión con el equipo de técnicos a través de una reunión con los técnicos el día 7 de septiembre y se firmó una lista de asistencia para que estuvieran enterados de la mejora tanto para las nuevas bases de gripper como la gaveta que se mostrará en el siguiente punto.

Gaveta para Técnicos

Como se identificó en el diagrama de Ishikawa, así como en el Pareto que el ajuste de gripper es el problema principal de un tiempo prolongado a cambiar un molde, así como en el proceso como en un paro de máquina, es por ello por lo que se identificó el área donde se involucran los grippers en este caso es para técnicos en su área de trabajo como motivo principal se encuentra su área en donde se encuentran refacciones de grippers y que al momento de ajustar

un gripper necesitan de herramental. En el área se encontró dos gavetas como se muestra en la Figura 12, en donde se encuentran refacciones de gripper y que permiten al técnico de proceso encontrar dichas herramientas, así como desmoldantes, utensilios de limpieza, mangueras, tornillos y tuercas).

Figura 12 Gaveta



Nota. Fotografía tomada por el autor. 8

Como parte de este problema se decidió estandarizar esta área para que todo el herramental, así como lo que llegará a necesitar el técnico estuviera en su lugar correcto para lograr disminuir el tiempo de búsqueda al momento de ajustar gripper y así reducir el tiempo de cambio de molde.

A continuación, se presenta un seguimiento y la implementación de 5'S en el área:

Paso 1: Clasificar:

Figura 13 Clasificar caja de herramientas



Nota. Fotografía tomada por el autor. 9

En la primera etapa se inició con la respectiva clasificación del área como se puede observar en la Figura 13 ya que se encontraba en diferentes zonas herramientas para grippers como ventosas, ejes, dedos de gripper, brazos, etc. En donde cómo se puede ver en la imagen estaba completamente desordenado y todo junto sin distinción alguna de cada herramienta.

Paso 2: Organización:

Figura 14 Extensiones de Gripper



Nota. Fotografía tomada por el autor. 10

Como se observa en la Figura 14, se organizó por prioridad que herramienta se iría colocando correspondientemente al espacio de la gaveta como se mostró al inicio, de esta forma también se redujo espacio para poder colocar más herramienta necesaria, así como equipo de limpieza.

Paso 3: Limpieza

Figura 15 Contenedores



Nota. Fotografía tomada por el autor. 11

Figura 16 Contenedores 2



Nota. Fotografía tomada por el autor. 12

Se realizó limpieza general del área, así como depositar todo lo no necesario en botes en donde se habilitaría ayuda visual posteriormente. (Ver Figuras 15 y 16).

Paso 4: Estandarizar

Figura 17 Ayuda Visual



Nota. Fotografía tomada por el autor. 13

Ayuda visual de los diferentes contenedores para la correcta separación de material en el área de inyección. En la Figura 17 se muestra por medio de hojas y letras en mayúscula que tipo de material va en cada contenedor.

Figura 18 Ayuda Visual 2



Nota. Fotografía tomada por el autor. 14

Así mismo se imprimieron hojas para la gaveta para separar materiales de utilización para los técnicos como se muestra en la Figura 18.

Figura 19 Ayuda Visual Utensilios



Nota. Fotografía tomada por el autor. 15

Figura 20 Ayuda Visual Utensilios 2



Nota. Fotografía tomada por el autor. 16

Se hizo una estandarización ayudas visuales en el área en donde se pusieron etiquetas para identificar el tipo de herramienta, artículo de limpieza, mangueras, como se puede observar en las Figuras 19 y 20.

Paso 5: Mantener:

Figura 21 Delimitación del área



Nota. Fotografía tomada por el autor. 17

En el área de trabajo, así como en la organización de herramientas del área puede seguirse mejorando día con día para una correcta administración de tiempos, así como de búsqueda de herramental de grippers para un cambio de molde, así mismo la delimitación que se muestra en la Figura 21 es parte fundamental para una buena distribución de material. *(Ver Capítulo IV)*.

4.2.3 Propuesta de Nuevas Herramientas

Con la ayuda de los técnicos se llegó a tener una lista que se visualiza en la Tabla 15, que ellos requerían para poder hacer los cambios de molde más eficientes, así como herramientas de prioridad a las que ellos accedieron a ponderar ya que fue de vital importancia tener las herramientas de las más importantes a las menos importantes pero necesarias, por lo que a continuación se presenta una lista de herramientas con la prioridad:

Tabla 15 Lista de Herramientas

			HERRAMIENTA INTERNA PARA CAMBIO DE MOLDE						
			Área:	Inyección		Personal:			
			Fecha:						
			Puesto:	SMED					
ID	Actividad	Tipo de Actividad	Prioridad	HERRAMIENTA	Máquina	Medida	Cantidad	Imagen	
1	Conexión de platos de molde	Interna	100	Juego de Punzones	'	100/200*8	2		
2	Ajuste de cables de canal caliente (hartings)	Interna	100	Juego de Clemos cruz, plano	'	-	2		
3	Se hace ajuste de gripper	Interna	100	Juego de llaves Allen	'	10, 8, 6, 5, 4, 3, 2.5, 2, 1.5 mm	2		
4	Cambio de conexiones de noyo y obturadores	Interna	75	Perico	'	10"	2		
5	aflojado de tornillos y tuercas y para apretar	Interna	80	Pistola de impacto	'	1/2"	1		
6	Ajuste de abrazaderas de termos y manifold	Interna	50	Desarmador punta de cruz	'	-	2		
7	Se ajusta plato de molde, cala, botador	Interna	70	Martillo cabeza de bronce	'	-	1		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16 Lista de Herramientas 2

8	Ajuste de abrazaderas de termos y manifold	Interna	50	Desarmador punta plana	'	-	2		
9	Quitar colada y pieza atorada en molde	Interna	50	Pinzas de punta	'	-	2		
10	Se hace nivelado de moldes y tenga nivel correcto para que el gripper tome correctamente pieza	Interna	100	Nivel magnético	'	-	2		
11	Ajuste de dados para bridas	Interna	100	Matraca	'	1/2"	2		
12	Ajuste de bridas	Interna	90	llaves Allen	'	8,14, 19, 22 mm			
14	Para el uso de bridas Falla en placa magnética	Interna	100	Dado de punta hexagonal	3300-1	14 mm	2		
15	Para el uso de bridas Falla en placa magnética	Interna	100	Dado de punta hexagonal	1300-6 1150-4	19 mm	2		
16	Para el uso de bridas Falla en placa magnética	Interna	100	Dado de punta hexagonal	3200-0	22 mm	2		

Fuente: Elaboración Propia

Para darle un contexto más completo a la Tabla 15 y 16 de lista de herramientas se agregó la descripción de la actividad donde la herramienta se involucra, así como la prioridad dada por los técnicos, el nombre de la herramienta, para que máquina es, donde se ocupará la herramienta, el tamaño y la cantidad en este caso se planea que se adquirieran dos juegos para cada técnico en turno y que se habilite un carrito de herramientas general para que cada técnico lo ocupe:

Tabla 17 Check List de Herramienta

	CHECK LIST DE HERRAMIENTA INTERNA PARA CAMBIO DE MOLDE		
	Área:	Inyección	Personal en Turno:
	Semana:		
	Puesto:	SMED	
CHECK LIST	SI	NO	OBSERVACIONES
¿La herramienta en turno esta completa?			
Sí marcaste NO, ¿Qué herramienta falta?			
	CHECK LIST DE HERRAMIENTA INTERNA PARA CAMBIO DE MOLDE		
	Área:	Inyección	Personal en Turno:
	Semana:		
	Puesto:	SMED	
CHECK LIST	SI	NO	OBSERVACIONES
¿La herramienta en turno esta completa?			
Sí marcaste NO, ¿Qué herramienta falta?			
	CHECK LIST DE HERRAMIENTA INTERNA PARA CAMBIO DE MOLDE		
	Área:	Inyección	Personal en Turno:
	Semana:		
	Puesto:	SMED	
CHECK LIST	SI	NO	OBSERVACIONES
¿La herramienta en turno esta completa?			
Sí marcaste NO, ¿Qué herramienta falta?			

Fuente: Elaboración Propia

Sí se llega a adquirir la herramienta se pegará un check list (*Ver Tabla 17*) página anterior, en el carrito para que al inicio de turno el técnico valide que la herramienta este completa.

También en la lista se encuentra la imagen de la herramienta y el símbolo de si ya se adquirió o todavía no la cual se representa con un signo de alerta o exclamación y una marca que sea “OK” si ya se tiene en el área.

4.2.4 Actualización de Instrucción de Trabajo Para Cambio de Molde

La hoja de instrucción de trabajo para un cambio de molde en el área se creó a partir de la necesidad de fomentar al personal a cumplir de cierta forma tareas y actividades específicas de un proceso, en este caso para un cambio de molde se estableció para todas las máquinas en especial para las diferentes marcas de máquinas en el área. En este caso particular el proyecto se enfoca a las máquinas Krauss Maffei y Engel en donde existen más de 10 máquinas para Krauss Maffei y 2 máquinas para Engel en piso y donde hay más cambios de molde. Surgió la necesidad de actualizar la Hoja de instrucción de trabajo en donde el después se observa en el apartado de anexos ya que se necesitaban medir tiempos nuevamente integrando la metodología SMED que se planteó, así como actualización de fotos del personal haciendo las actividades del cambio de molde, las precauciones a tomar del cambio de molde, seguridad industrial, diagramas de espaguetti, e involucramiento del personal de moldes, mantenimiento, materialistas, logística, operadores y líderes de producción.

Se presentan algunas evidencias de cómo se tomaron fotos del personal actualizadas, así como algunas respectivas modificaciones de seguridad como se observa en la Ilustración 11 y 12 respectivamente:

Ilustración 11 Casco



Nota. Fotografía tomada por SMP. 1

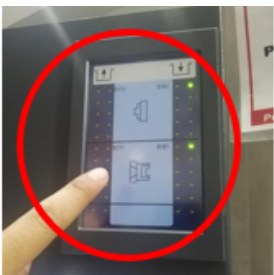
Ilustración 12 Técnico con casco



Nota. Fotografía tomada por SMP. 2

Se estableció el casco de seguridad para los técnicos al momento de cambiar molde en la instrucción de trabajo ya que en la instrucción de trabajo no se tenían agregadas.

Ilustración 13 Instrucción de Magnetizar

	<u>NOTA: Si la máquina requiere de bridas al momento de subir molde tener a disposición bridas, pistola de impacto, dados, tornillos, etc., incluyendo herramienta completa, EPP adecuado y 100% seguridad por parte de técnicos SMED con autorización para montar molde en esa máquina.</u>	
Punto clave	Verificar que el molde este imantado de ambas platinas para no correr el riesgo de que el molde se desmagnetice, VALIDANDO INDICADOR LED DE IMM VS PANEL DE LLAVE, <u>NOTA IMPORTANTE: SE DEBE REALIZAR UNA VALIDACIÓN ADICIONAL CON UNA LLAVE O CUALQUIER OBJETO METALICO SOBRE CADA CUADRANTE VALIDANDO EL CAMPO MAGNETICO EN AMBOS LADOS</u>	
Razón del punto clave / Riesgo	Evitar una caída de molde.	

Fuente: Elaboración Propia

En la instrucción 13 y 14 de trabajo se agregaron fotos y recomendaciones al momento de magnetizar en máquinas Krauss Maffei para seguridad del técnico y protección del molde.

Ilustración 14 Validar cadenas

1. Realizar tensado de cadenas, verificar de manera visual que este tensado el molde. El técnico SMED si no está seguro de que esta correctamente tensado, verificar con un maso; esté golpeando las cadenas levemente. En ningún momento se deben tocar las cadenas con la mano cuando se este manipulando la grúa.
2. Mover el molde al área de precalentamiento (en caso de que se requiera, de lo contrario mover a pie de IMM).



Fuente: Elaboración Propia

Se incluyó la actividad de validar cadenas al momento de tensarlas para la seguridad del técnico y evitar fracturas, así como caída del molde.

Ilustración 15 Tablero de Cambios

Revisar el programa de producción y anotar los cambios de molde en pizarrón (previamente verificar si el molde está disponible para producción)



Fuente: Elaboración Propia

Se agregó la instrucción de validar cambios a través de un tablero que está en la zona de visualización de indicadores del área y que se valide los cambios a realizar en el turno. (Ver Ilustración 16).

Ilustración 16 Hartings Validación

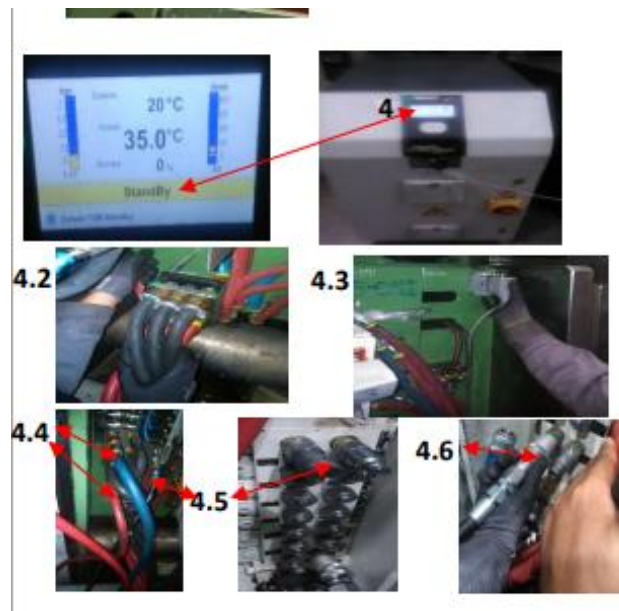
Verificar que los hartings de molde estén en condiciones de operación antes de subir molde (revisar continuidad de termopar y corriente) y que el anillo centrador se encuentre correctamente conectado y esté no tenga algún golpe o deformación, así como bebedero sin golpes.



Fuente: Elaboración Propia

Se agregó la actividad de validar hartings en zona al momento de conectar. Estos deben estar de manera correcta conectados al momento de prender canal caliente. (Ver Ilustración 17).

Ilustración 17 Verificación de conexiones



Fuente: Elaboración Propia

También la validación de conexiones correctas como se muestra en la Ilustración 18 de mangueras del molde y máquina para un correcto proceso de inyección y sin defecto alguno, así como evitar alguna fractura de molde.

4.2.5 Pistola de Impacto

En los meses de enero y febrero la máquina 3200-0 Engel se retiraron las platinas para magnetizar molde a subir y que este no cayera ya que estaban en mal estado y requerían comprar nuevas platinas lo cual casi era imposible recuperarlas, como resultado de esta operación al momento de bajar y subir molde en dicha máquina los técnicos se demoraban alrededor de 2 horas en cada cambio ya que el proceso para tratar de que no cayera el molde era de subir molde y con bridas sujetarlo así como de tal manera tratar de atornillarlo de buena manera contaba con alrededor de 18 bridas en el molde se ocupaban tornillos y llaves Allen así como un correcto anclaje del molde como se muestra en la siguiente ilustración 19:

Ilustración 18 IMM 3200-0

Ubicación de
platinas de
molde.



Nota. Fotografía tomada por el autor. 18

Con ayuda de los técnicos y el área de mantenimiento de moldes se optó por contemplar una pistola de impacto en donde se puede observar en la ilustración 20, para que el proceso de colocar bridas de acero en el molde sea corto y se estableció de tal manera que a partir de los meses posteriores el cambio se redujo para bajar y subir molde y fue un gran cambio en dicha máquina ya que es la más grande del área. Aquí se muestra una foto de cómo se colocan bridas manualmente:

Ilustración 19 Bridas colocadas manualmente



Nota. Fotografía tomada por el autor. 19

Este proceso estuvo casi tres meses hasta que se estableció en el área la pistola de impacto, también se incluyó el dado correcto a utilizar y las bridas donde se muestra en la siguiente ilustración 21 y 22:

Ilustración 20 Pistola de Impacto Adquirida por Motherson



Nota. Fotografía tomada por el autor. 20

El resultado fue satisfactorio ya que se en dicho proceso y se documentó como resultado en dicho apartado de este proyecto que se presentará en el Capítulo V.

Ilustración 21 Bridas máquina 3200-0



Nota. Fotografía tomada por el autor. 21

Ilustración 22 Uso de Pistola de Impacto



Nota. Fotografía tomada por el autor. 22

Se observa la manera en el que el técnico está usando la herramienta para sujetar molde en la ilustración 23, se observa también el anclaje correcto de la grúa por seguridad, así como su caja de herramientas, para este proceso se obtuvo resultado de 0.9 horas (ver capítulo V).

CAPÍTULO V

5 CHECK

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos antes y después comparando el resultado obtenido en diferentes meses con las mejoras implementadas, también la ergonomía al realizar un cambio de molde por parte del técnico del como lo realizaba antes al como lo realiza actualmente. Layout, evidencias de la aplicación de la filosofía 5'S. en el área y planes de mantenimiento.

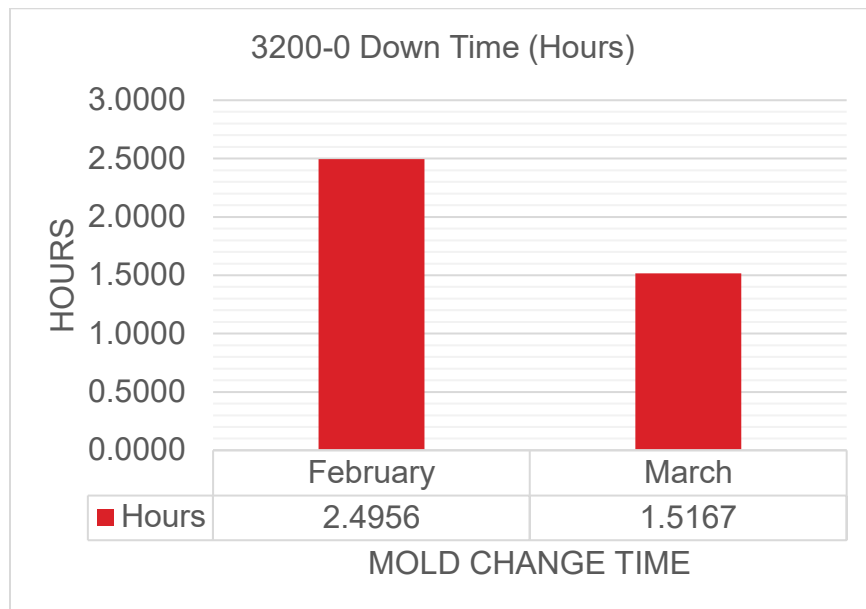
5.1 Análisis de Resultados

A continuación, se presentan los resultados que se obtuvieron alrededor de nueve meses de trabajo en el área de inyección en donde de tal manera representó para todo el equipo involucrado como fueron los técnicos, Ingenieros de proceso y personal administrativo un resultado esperado de acuerdo con los objetivos planteados.

Los resultados mostrados a continuación se presentan de manera coherente en esta fase ya que en el desarrollo de las mejoras del proceso de cambio de molde se establecieron en facetas anteriores por tal motivo se exhibirán diferentes graficas presentadas en este documento mostrando el resultado de la reducción de tiempo de cambio de molde así como las estandarizaciones del área de trabajo con los técnicos implementado la filosofía de 5'S en el área de inyección y coordinando de manera crucial el proceso para realizar un cambio de molde, algunas de las implementaciones fueron periódicamente establecidas en el área, algunas propuestas se quedarán documentadas como ya se describió, para que en algún momento se establezcan en el área y seguir mejorando continuamente. Finalmente, el resultado obtenido fue un gran avance para tratar lo más que se pueda el tiempo de cambio de molde y contemplando también los factores externos se hizo un correcto análisis para que estos resultados se llevaran a cabo, a continuación, se presentan:

5.2 Reducción de Tiempo Muerto con Pistola de Impacto

Ilustración 23 Gráfica de Tiempos



Fuente: *Elaboración Propia*

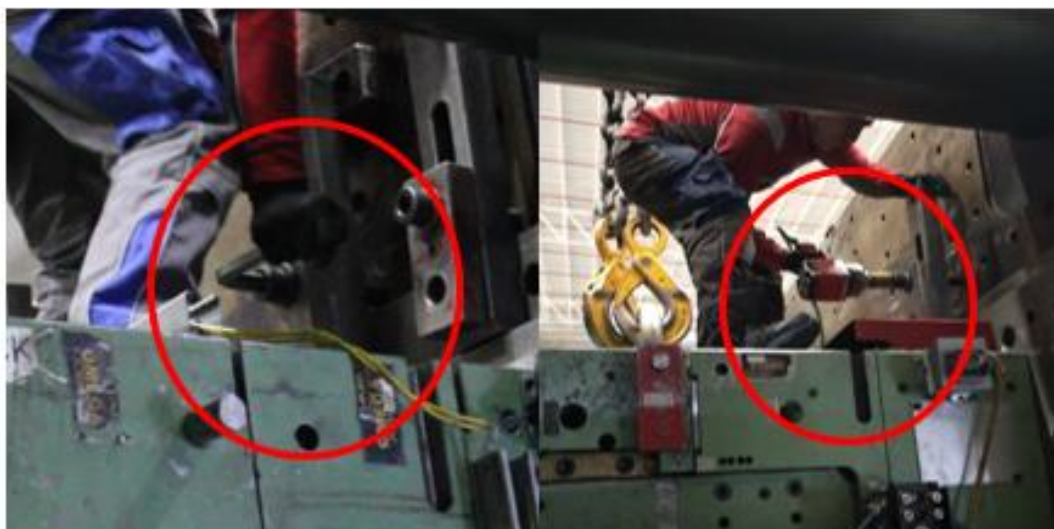
La Ilustración 24 representa la reducción en horas de tiempo muerto de los meses de febrero y marzo se hizo la comparación solo de este periodo ya que la pistola de impacto fue adquirida al final del periodo de la duración del proyecto, en donde se visualiza una reducción de tiempo de 54 minutos al contemplar la pistola de impacto en la máquina 3200-0 se registraron tiempos con los técnicos en su respectivo registro de tiempos de cambio de molde, así como las evidencias mostradas de como la utilizan además de evidenciarlo con cámaras fotográficas entregado al gerente del área. Cabe mencionar que la pistola de impacto se compró ya que la máquina 3200-0 no cuenta con platinas para magnetizar el molde como se mencionó en la descripción de la mejora. El resultado en porcentaje fue de **37.5%**, es decir se tomó en consideración el tiempo inicial de realizar dicha actividad menos el tiempo final entre el mismo tiempo inicial por 100, dando el porcentaje ya mencionado.

5.3 Pistola de Impacto Antes y Después

Antes

Después

Ilustración 24 Antes y Después Pistola de Impacto



Nota. Fotografía tomada por el autor. 23

En esta Ilustración 25 se muestra el cambio de utilizar llaves hexagonales para embridar el molde del cual se ocupan alrededor de 18 bridas, de estas 9 bridas se ocupan para la parte de arriba y 9 bridas para la parte de abajo del molde. La función de la pistola de impacto hace que se le dé un torque al momento de atornillar las bridas, mismo caso que una llave hexagonal, pero esta actúa neumáticamente de acuerdo con el técnico. La pistola de impacto actúa a través de conexión de una manguera que está en la máquina. Esta pistola de impacto ya es parte de las herramientas para esta actividad interna.

Para la estandarización de cada herramental ocupado como la pistola de impacto se recomendó hacer un mantenimiento preventivo cada tres meses en conjunto con el área de mantenimiento de moldes. Este diagrama de actividades se presenta a continuación en la tabla 18:

Tabla 18 Gantt de mantenimiento para pistola de impacto



Fuente: Elaboración Propia

5.4 5'S Bases de Gripper

Las bases de gripper que se implementaron fueron en las máquinas grandes específicamente junto a la máquina 3200-1 y 3200-2. En esta zona no había bases para gripper lo cual se demoraba un total de 5 minutos al momento de trasladar gripper de una máquina a otra. Esta base de gripper se habilito junto con los técnicos ya que proporcionaron la herramienta necesaria para que se llevara a cabo dicho proceso. Un gripper siempre debe estar lo más cerca posible de la máquina sin que este tenga daños para así trasladarlo de forma rápida antes de parar producción para pasarlo como una actividad externa. Esta base de gripper se habilito gracias a refacciones de postes y ejes sin ocupar. Se le dio un uso más, permitiendo habilitar esa zona para colocar dichos grippers que se ocupan más en esas máquinas. La limpieza por cada una de las bases que se tienen se debe hacer en un periodo establecido en donde se acomoden los grippers de acuerdo con máquina y molde, para que este proceso se siga llevando de la mejor manera asignando actividades a cada uno de los técnicos y el tiempo en donde se llevará a cabo cada mes,

en este cronograma mostrado en la Tabla 19 también se inspecciona el estado de los grippers, piezas completas y el conteo por cada molde como forma de estandarización en el área de grippers.

Tabla 19 Actividades para Cuidado de Bases GRIPPER

TAREA	Asignado A	PROGRESO	INICIO	FIN	HORAS
Inspección y Limpieza de Gaveta					
Ordenar grippers por No. De Molde	Ernesto R.	0%	30/06/2023	30/06/2023	2 horas.
Limpieza de bases de gripper	Marcos P.	0%	30/06/2023	30/06/2023	2 horas.
Limpieza de grippers	Andrés L.	0%	30/06/2023	30/06/2023	2 horas.
Marcar grippers con No. De Molde de serie	Daniel S.	0%	30/06/2023	30/06/2023	2 horas.
Reporte de estado de bases y grippers.	Ernesto H.	0%	30/06/2023	30/06/2023	1 hora.
Conteo de gripper con molde.	Ángel H.	0%	30/06/2023	30/06/2023	1 hora.

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 26 se puede observar el antes y el después de la habilitación de una base para grippers, esta se realizó con materiales que no se ocupaban y se decidió por tomar estos materiales para armar una base nueva, optando por darle un uso nuevo al material existente.

Ilustración 25 Bases de Gripper antes y después



Nota. Fotografía tomada por el autor. 24

Antes

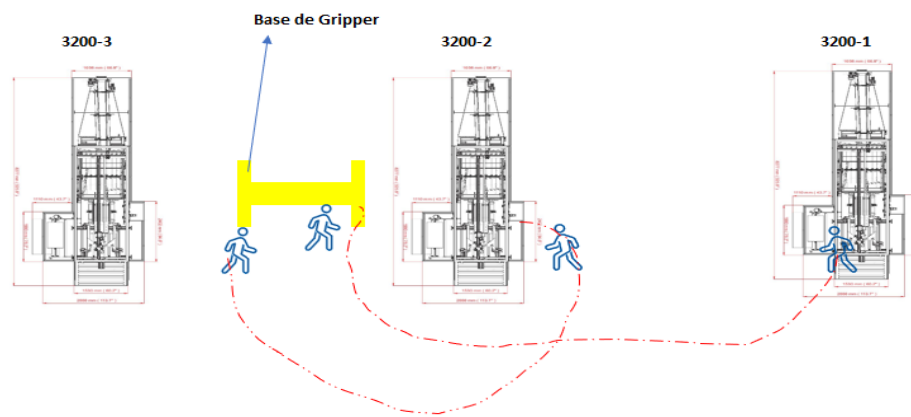
Después

El Layout mostrado en la ilustración 26 quedo de esta manera en donde se visualiza el antes de como el técnico trasladaba el gripper de una máquina a otra contando solo con una base de gripper en esa zona y cuánto tiempo se demoraba en realizar dicha actividad trasladando el gripper.

5.5 Reducción de Tiempo Bases de Gripper

Antes

Ilustración 26 Mapeo de movimientos antes

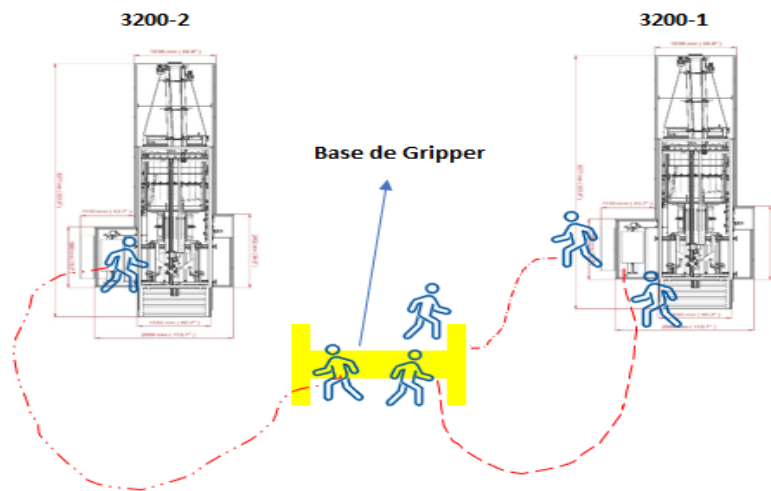


Fuente: Elaboración Propia

Se presenta un mapeo de movimientos en la ilustración 27 del resultado al momento de trasladar grippers a las máquinas más cercanas, se visualiza respectivamente como el técnico tiene un lapso corto de recorrer al traer un gripper. Estando la base cerca de las máquinas se disminuyó el tiempo a 2 minutos de los 5. Se ve el recorrido desde la base en color amarillo hasta la máquina.

Después

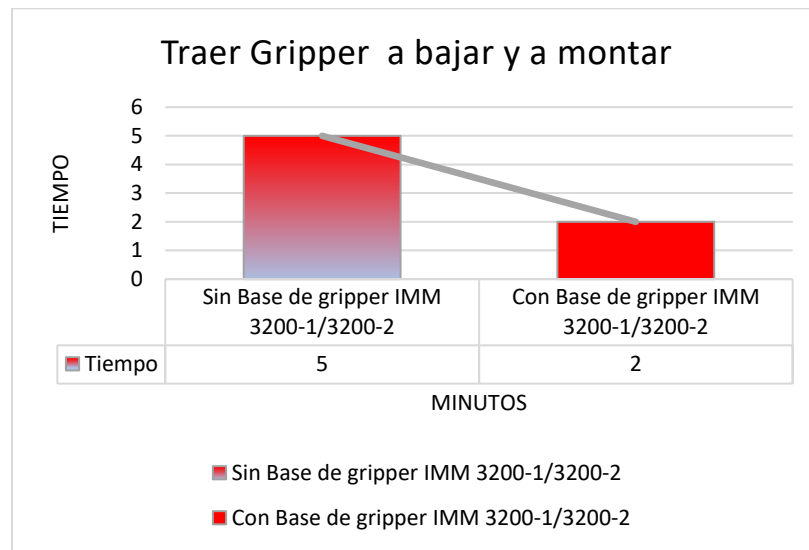
Ilustración 27 Mapeo de movimientos después



Fuente: Elaboración Propia

En este mapeo se muestra la base marcada en color amarillo centrada cerca de las dos máquinas entre la 3200-2 y 3200-1, se observa también un recorrido más corto a comparación de la ilustración 26.

Figura 22 Gráfica Bases



Fuente: Elaboración Propia

En esta figura 22 interpreta el cambio de gripper en el traslado de este, con un tiempo reducido de 3 minutos un 60%, como se especificó, la base de gripper influyo en el resultado ya que se colocó en el lugar correcto. En la Tabla 20 se representa de forma porcentual el resultado de la comparación en minutos y la reducción del tiempo de la mejora con la base para gripper:

Tabla 20 Tabla de resultado de base de grippers

Tabla de comparación de tiempo para trasladar gripper a máquinas 3200-0 y 3200-1/2			
	Tiempo (minutos)	Reducción de tiempo	Porcentaje
Sin base	5	3	60%
Con base	2		

Fuente: Elaboración Propia

5.6 Reducción de Tiempo (2 Técnicos en Paralelo)

Se habilitaron dos técnicos para realizar un cambio, respetando la programación de producción, es decir cada cambio de molde es de cada hora saltada en forma escalonada para no afectar retrasos ni combinaciones de dos cambios en una hora, por tal motivo los dos técnicos estuvieron trabajando en paralelo (2 técnicos por cada cambio), en donde se combinaban las

operaciones internas y externas para que dieran un resultado favorable. También se describe cómo funciona el proceso con dos técnicos se analizó dicha mejora, comparando el resultado con un técnico y otro proceso trabajando en conjunto como se puede ver en la Tabla 21. Se tuvo un resultado con un técnico de 45.7 minutos para máquinas medianas. En la Figura 23 se ve una representación del técnico realizando un cambio de molde. Con dos técnicos es de 36.1 minutos. Se tuvo una disminución de 9.6 minutos, este modelo se llevó a cabo en la primera mitad del 2022 y tuvo un resultado ya que los dos técnicos se apoyan en conjunto para que el tiempo de cambio de molde sea más eficaz.

Figura 23 Técnico cambiando molde



Nota. Fotografía tomada por el autor. 25

Este resultado fue el más positivo en el tiempo al cambiar molde. Hablando de porcentajes se muestra la disminución del tiempo:

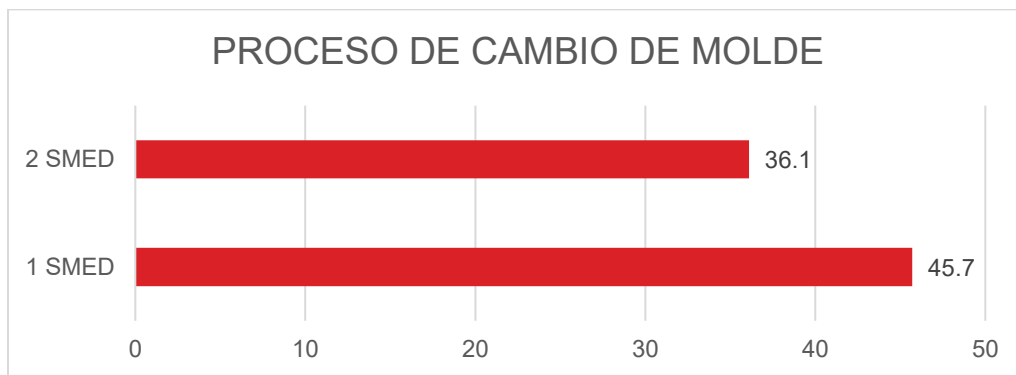
Tabla 21 Porcentaje trabajo en paralelo

Número de técnicos que realizan cambio	Tiempo (minutos)		Porcentaje
	Máquinas medianas	Tiempo que se redujo	
1	45.7	9.6	21%
2	36.1		

Fuente: Elaboración Propia

De manera grafica se representa la reducción de tiempo en cambio de molde con dos técnicos trabajando en realizar actividades en paralelo como ya se ha mencionado antes. (Ver Figura 24).

Figura 24 Gráfica 2 Técnicos



Fuente: Elaboración Propia

5.7 Actualización Hoja de Instrucción de Trabajo

La actualización de la hoja de instrucción de trabajo se encuentra en la parte de anexos, se llevó a cabo una correcta medición de tiempo y clasificación de actividades internas y externas implementando la metodología SMED y combinando actividades en paralelo para que fueran más rápidas y el técnico este más en contacto con la hoja de instrucción de trabajo. Se realizó también conjunto con el ingeniero de proceso y técnico en donde se destacó el uso del check list antes de montar molde para validar que este en buen estado, así como llevar a cabo el proceso de cambio de molde lo más eficiente posible. La hoja de instrucción de trabajo se debe actualizar

periódicamente cada que haya un cambio radical en las actividades involucrando al área de producción e ingeniería para validar y comprometerse a cambiar cada una de las actividades en ese tiempo, ya que habrá actividades que cambien, como un nuevo estándar nuevos métodos o incluso nuevas herramientas o máquinas y estándares de seguridad.

5.8 Gaveta Antes y Después

Se hizo una estandarización de 5'S en el área de herramientas y refacciones para gripper como se muestra en la Figura 25, todo esto partió a través de un análisis de Pareto en donde se analizó que actividades de un cambio de molde generaban mayor incremento de tiempo, se puede visualizar que el ajuste de gripper es el que tarda más cuando un cambio de molde se presenta y es un factor que genera dicho incremento. A todo eso la estandarización se hizo gracias a la filosofía que se tiene de las 5'S en toda la organización partiendo desde ahí se obtuvo un buen resultado de organización y clasificación de herramientas que ocupan los técnicos para ajustar gripper en el tiempo de cambio de molde y este fue el resultado.

Figura 25 Gaveta Antes



Nota. Fotografía tomada por el autor. 26

Antes

Figura 26 Gaveta Después



Nota. Fotografía tomada por el autor. 27

Después

El resultado que se presentó, se incluyó la correcta administración de materiales de limpieza para molde, on line, fibras, pintura, también desmoldante, vales de entrega de material, ejes de gripper, codos de gripper, extensiones, pinzas, ventosas, pinzas de doble efecto, tornillos, tuercas, cables de hartings, mangueras y platos de gripper como se muestra en la Figura 26. Para que se estandarice de manera correcta las ayudas visuales como el orden de la gaveta se necesita del apoyo de todo el equipo involucrado entre técnicos e ingenieros de proceso validando cada uno de los cajones de gaveta y ordenando cada semana, así como abastecer del material necesario y correspondiente de acuerdo con el número de componente que falte se abastecerá de manera correcta. Se realizó un plan de validación de materiales en donde se puede ver en la Ilustración 28, donde la limpieza de gaveta y componentes inicia en el mes de marzo correspondiente al 2023 en esta se asignan tareas a los involucrados con un tiempo establecido de un día, cabe mencionar que

se debe hacer la limpieza en donde los técnicos tengan al menos 20 minutos para validar cada una de ellas.

Ilustración 28 Orden y Limpieza de Gaveta (Actividades)



Nota. Fotografía tomada por el autor. 28

Dentro de esta gaveta, se pudo encontrar diferentes tipos de herramental y materiales que no estaban ordenados, tanto como codos de gripper y aerosoles para mantenimiento de molde como eran los de limpieza, en la Figura 27 y 28 se muestra el antes y después de la separación de codos grandes y pequeños por tamaño y en el lugar donde le corresponde marcando cada cajón con una ayuda visual que se mostró en el capítulo IV. (Ver Capítulo IV).

Figura 27 Codos de Gripper pequeños



Nota. Fotografía tomada por el autor. 29

Antes

Figura 28 Codos de Gripper Después



Nota. Fotografía tomada por el autor. 30

Después

Figura 29 Extensiones de Gripper Antes y Después



Nota. Fotografía tomada por el autor. 31

Antes

Después

Las extensiones de gripper se ubicaron por tamaño de menor a mayor empezando del lado izquierdo al lado derecho respectivamente. También se elaboró su ayuda visual respectivamente en el cajón correspondiente, estas extensiones de gripper ayudan al brazo de este y al eje para un correcto movimiento, en la Figura 29 se ve la mejora.

Figura 30 Componentes de Hartings



Nota. Fotografía tomada por el autor. 32

Los componentes de hartings y tornillos se separaron en diferentes cajones de la gaveta se puede observar en la Figura 30 y 31, esta separación hacía más útil el cajón porque se encontraban más fácil los tornillos sin andar buscando cajón por cajón o incluso buscarlos en equipos periféricos como termorreguladores, encima de máquina o incluso en el molde.

Figura 31 Tornillos



Nota. Fotografía tomada por el autor. 33

Figura 32 Codos de gripper grandes



Nota. Fotografía tomada por el autor. 34

Los codos de gripper de tamaño grande también se seleccionaron por tamaño para reubicarlos en otro cajón, esta ubicación permitía tener una separación entre la diferencia de tamaño (Ver Figura 32).

Figura 33 Productos de Limpieza



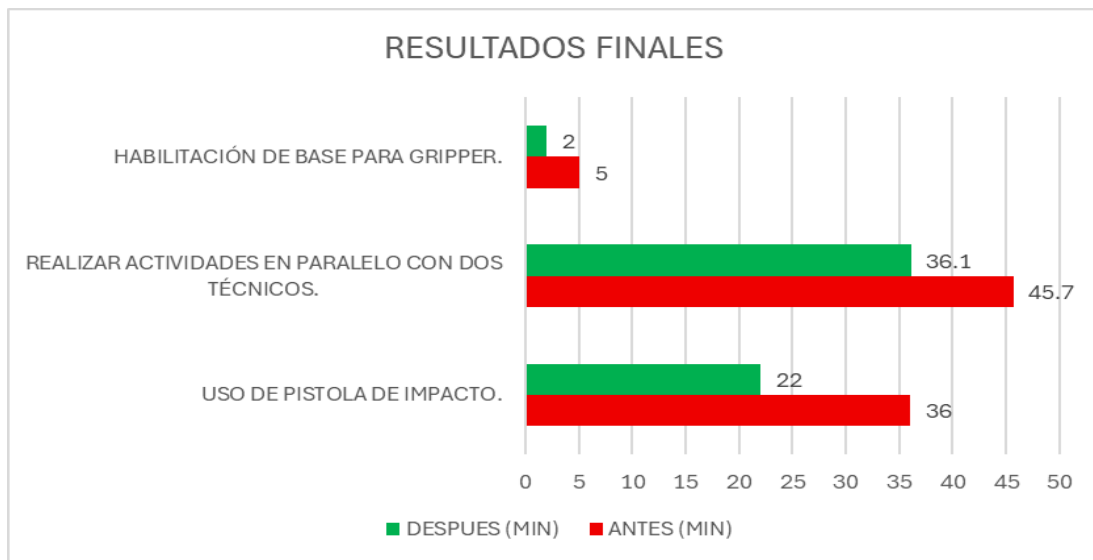
Nota. Fotografía tomada por el autor. 35

En estos respectivos cajones se separó el protector de molde, lubricante y productos de eliminación de grasa al molde como el wd-40. Como se muestra en la Figura 33, están de manera ordenada cada uno de los materiales con su respectiva ayuda visual.

5.9 Indicadores Actuales

Los indicadores actuales implementando las mejoras que se obtuvieron de manera confidencial no se muestran respecto al cumplimiento al plan de producción en tiempo en forma y un aumento de porcentaje a la disponibilidad de equipos estas mediciones de tiempo están en la parte de documentación de los indicadores, se comparten los resultados por cada mejora implementada en minutos en la Tabla 22, esta medición se hizo por cada cambio de molde en promedio del primer trimestre del 2022 y de manera grafica se expone que hay una disminución, como se mostró en el apartado 5.6 el porcentaje de cada mejora con su justificación correspondiente.

Tabla 22 Resultados Finales



Fuente: Elaboración Propia

Como seguimiento a las mejoras implementadas y como parte de la estandarización de estas, además de diferentes planes de mantenimiento y limpieza de la base para grippers, gaveta y pistola de impacto, se implementaron indicadores en coordinación con mantenimiento y producción para que se les diera seguimiento como un indicador clave de desempeño dentro del área de producción mensualmente y con base a estos resultados seguir trabajando en mejorar continuamente, la tabla representa el indicador MTBF (Mean Time Between Failures por sus siglas en inglés), que según Fractal Tech (2024), Calcula el tiempo promedio que transcurre entre las fallas de un equipo.

Cuanto mayor sea el MTBF, mayor será la confiabilidad percibida del equipo para la pistola de impacto y su respectivo funcionamiento en donde en la Tabla 23 se expresa su fórmula. También respecto a la metodología SMED y su respectivo indicador muy recurrente en la industria automotriz que es la disponibilidad de equipos dentro del OEE (Overall Equipment Effectiveness por sus siglas inglés) y como ya se describió su funcionalidad en el Capítulo III, cada mes se medirá el indicador de disponibilidad de la máquina 3200-0 donde el objetivo es tener arriba de un

85%, se establecieron dos indicadores más para la limpieza de grippers donde el objetivo es tener el 100% de cumplimiento a las limpiezas programadas en el mes y para la gaveta de herramientas un objetivo de tener el 0% de piezas perdidas en relación a la cantidad de piezas totales que se cuenten en el área.

Tabla 23 Indicadores Actuales

MÁQUINA	MEJORA	INDICADOR	%
3200-0	USO DE PISTOLA DE IMPACTO.	MTBF TIEMPO TOTAL DE ACTIVIDAD /NÚMERO DE FALLOS.	MTBF ALTO = BUENA CONFIABILIDAD.
ESTÁNDAR (METODOLOGÍA SMED)	REALIZAR ACTIVIDADES EN PARALELO CON DOS TÉCNICOS.	DISPONIBILIDAD: TIEMPO REAL OPERATIVO/TIEMPO TOTAL PROGRAMADO*100	>85%
3200-0, 3200-1	HABILITACIÓN DE BASE PARA GRIPPER.	NÚMERO DE LIMPIEZAS REALIZADAS/ NÚMERO DE LIMPIEZAS PROGRAMADA*100	100%
ESTÁNDAR (METODOLOGÍA 5'S)	5'S EN GAVETA DE TÉCNICOS Y ÁREA DE HERRAMIENTAS	HERRAMIENTAS PERDIDAS/HERRAMIENTAS TOTALES	0%

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI

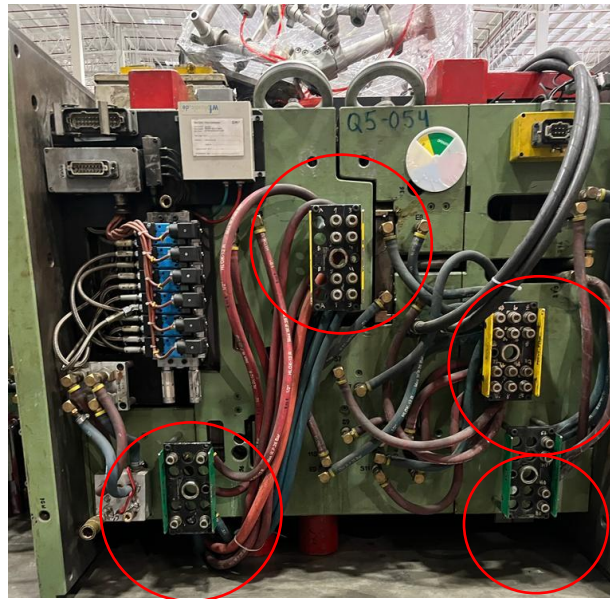
6 ACT

En la última fase se indica que se tomaran acciones de acuerdo con el resultado obtenido en este caso se plantea mejorar continuamente cada proceso de cambio de molde, para buscar más reducir el tiempo y dando un indicador de disponibilidad alto es por ello por lo que se debe continuar trabajando, que se involucre aún más el personal para seguir creando nuevas oportunidades aplicando lo que se conoce como mejora continua.

6.1 Acciones de Acuerdo con el Resultado

Tal es el caso del nuevo estándar del cambio de molde en donde el manifold que tiene la función de distribuir de manera eficiente el material fundido (en este caso plástico) hacia las cavidades del molde incluyendo las mangueras de refrigeración se va a cambiar para nuevos proyectos de la organización eso representará un cambio radical al momento de cambiar molde ya que se disminuye el tiempo al conectar solo un par de mangueras como se muestra en la Ilustración 29 y también es una de las actividades que no generan valor, pero necesarias para que el proceso de cambio de molde sea eficiente. Este cambio de estándar comenzará a llevarse en función a partir del segundo semestre del 2023 y se empleará para que esta mejora sea muy eficiente y buena en ella área, así como en la manera de trabajar de los técnicos.

Ilustración 29 Manifold (Platos)

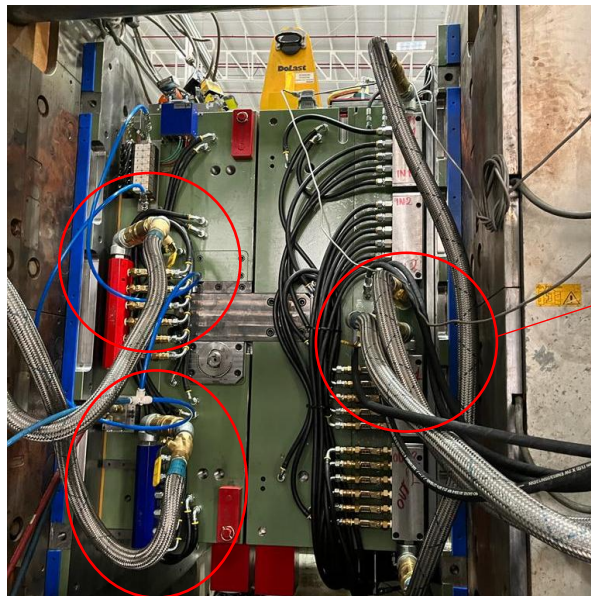


Multi-
conexiones de
mangueras
(platos de
molde)

Nota. Fotografía tomada por el autor. 36

Antes

Ilustración 30 Manifold Cambio de Estándar



Un solo manifold
(manguera tipo
bombero)

Nota. Fotografía tomada por el autor. 37

En proceso de cambio de estándar

En este nuevo cambio de estándar de la Ilustración 30, se pretende disminuir aproximadamente de 10 a 5 minutos de tiempo de cambio de molde en actividades internas, así como evitar fugas de agua, tener una sola conexión permitirá que no hay fuga alguna así como el proceso de conexión de mangueras más eficiente en el cambio de molde. Este proceso se llevará a cabo con el área de moldes y mantenimiento con una coordinación entre las áreas involucradas, así como desde el fabricante y se verá reflejado en los indicadores para aumentar disponibilidad y productividad como se menciona, además esta mejora continua representará un cambio para los técnicos y por supuesto a toda el área de inyección.

CAPÍTULO VII

7 CONCLUSIONES

En esta tesis se ha abordado la problemática de la reducción del tiempo de cambio de molde en el área de inyección, un factor crítico para mejorar la eficiencia y la productividad en procesos de manufactura. A través de un análisis detallado de los procedimientos actuales y la identificación de desperdicios que no agregaron valor, se implementaron diversas mejoras en el proceso aplicando metodologías de Lean Manufacturing y la aplicación de la metodología PDCA.

Los resultados obtenidos indican una disminución del tiempo de cambio de molde de **54 minutos** en comparación con los tiempos registrados anteriormente en la máquina 3200-0 cuando se optó por usar pistola de impacto. Esta reducción no solo ha permitido tener un porcentaje de **37.5%** de reducción de tiempo, también los porcentajes que se obtuvieron haciendo el mapeo de recorridos para la redistribución del Layout de las bases para gripper de las máquinas 3200-1 y 3200-2, trabajar en paralelo con dos técnicos en máquinas medianas del cual se obtuvo un resultado del **60%** y **20%** respectivamente, así como la implementación de un sistema de administración visual que es la aplicación de 5'S en el área y el uso de herramientas estandarizadas como la actualización de la instrucción de trabajo fueron factores clave en la reducción del tiempo, seguridad y ergonomía estas mejoras dan como resultado prepararse ante nuevas amenazas en el mercado que puedan influir en un futuro para Motherson por tal motivo el cumplimiento al objetivo SMART se tiene un resultado favorable es decir no solo se cumplió con el 10% sino fue del **34.2% de tiempo en minutos.**

En conclusión, el trabajo presentado demuestra que la reducción del tiempo de cambio de molde es un objetivo alcanzable mediante la aplicación de metodologías sistemáticas y la colaboración entre equipos. Los resultados obtenidos no solo destacan la importancia de una gestión eficiente en el área de inyección, sino que también abren la puerta a futuras investigaciones y mejoras

continuas, asegurando que los beneficios obtenidos perduren en el tiempo. La integración de estas prácticas en la cultura organizacional puede llevar a una competitividad sostenida en el mercado, beneficiando tanto a la empresa como a sus clientes.

8 REFERENCIAS

- Asturias Corporación Universitaria. (s.f.). La Mejora Continua. https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/aseguramiento_calidad/unidad1_pdf2.pdf
- Castillo R. (2017). Reducción De Los Tiempos De Cambio De Molde En La Línea De Inyección De Preformas De La Compañía Plásticos Team S.A.S. Santiago de Cali, Colombia: Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad de San Buenaventura. http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/4313/1/Reduccion_tiempos_cambio_castillo_2017.pdf
- Durango, J. (s.f.). Ciclo PHVA. Institución Universitaria SCOLME. https://www.escolme.edu.co/almacenamiento/oei/tecnicos/ppios_admon/contenido_u3_2.pdf
- EALDE Business School. (2019). Beneficios del ciclo de Deming de mejora continua. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=vLOI-kEP-w&list=LL&index=1&t=2332s>
- Emerson. (s.f.). Training Bussch: OEE 102. Recuperado el 28 de diciembre de 2023, de <https://www.emerson.com/documents/automation/training-bussch-oe-102es-es-41724.pdf>
- Estrategia en Acción con Iván Martínez Lima. (2025, enero 30). Diagrama de Ishikawa - Encontrando la causa raíz paso 4 - Análisis final [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=emaonahQ21I>
- Giménez J. (2019). Ciclo PDCA: conoce de qué trata y por qué es importante para las empresas. Alonso de Molina 1652, Monterrico, Surco, Lima – Perú: Conexión esan.

<https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/08/ciclo-pdca-conoce-de-que-trata-y-por-que-es-importante-para-las-empresas/>

González (2007). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales herramientas. Revista Panorama Administrativo Año 1 No. 2 enero-junio 2007.

Gutiérrez, A. (2009). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma [PDF]. Recuperado de <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>

Introducción Lean Manufacturing [PDF]. Recuperado el 27 de noviembre de 2023, de https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/50070/fichero/CAPITULO+2_Introducci%C3%B3n+Lean+Manufacturing.pdf

IPEA Formación. (s.f.). *Diagrama causa-efecto Ishikawa* [Página web]. IPEA Formación. <https://www.ipeaformacion.com/resolucion-de-problemas/diagrama-causa-efecto-ishikawa/>

Jara Riofrío M. A. (2017). El método de las 5S: Su aplicación. Ecuador: Magíster en Administración de Empresas (Ecuador). Docente titular a tiempo completo de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones en la Universidad Tecnológica ECOTE. <https://biblat.unam.mx/hevila/ResnonverbaGuayaquil/2017/vol7/no1/10.pdf>

Plaza Gutiérrez, E. J. (s.f.). Estudio Y Aplicación De La Metodología De Las 5s, En Una Empresa De Envasado [PDF]. Recuperado de <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/190244/PFC%20E.%20J.%20Plaza%20Guti%C3%A9rrez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TC Metrología. (s.f.). ¿Qué es SMED? Recuperado de <https://www.tcmetrologia.com/blog/que-es-smed/>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2006). Sistema de inyección con colada caliente.

<https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Sistema%20de%20inyeccion%20con%20colada%20caliente.pdf>

Universidad Autónoma del Estado de México. (2020). Puesta a punto de una máquina de inyección de plásticos para procesar probetas de tensión.

<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/59221>

Universidad de Sevilla. (s.f.). Filosofía Lean. Recuperado el 20 de octubre de 2023, de

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/70201/fichero/03+-+Filosofia+Lean.pdf>

Universidad de Sonora. (s.f.). Capítulo 3. Recuperado el 12 de febrero de 2024, de

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21920/Capitulo3.pdf>

USON. (s.f.). Capítulo 3.- EL SISTEMA SMED. USON.MX.

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21920/CAPÍTULO3.pdf>

Vargas Maura A. (2016). Aplicación Del SMED Para Reducir El Tiempo De Cambio De Molde.

Díaz-Contreras, C. A., Catari-Vargas, D. A., Murga-Villanueva, C. J., Díaz-Vidal, G. A., &

Quezada-Lara, V. F. (2020). Efectividad general de equipos (OEE) ajustado por costos.

Inter ciencia, 45(3), 158-163.

https://www.redalyc.org/journal/339/33962773006/html/#redalyc_33962773006_ref7

Fractal Tech S.L. (2023). Dominando los indicadores de mantenimiento [PDF]. Recuperado de

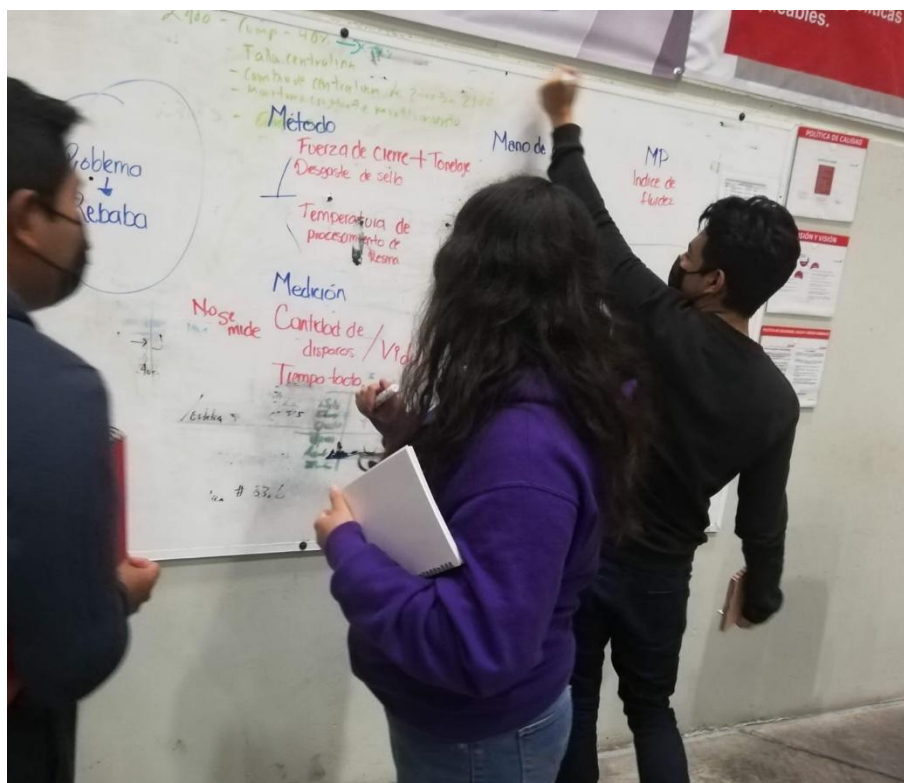
<https://www.fractal.com/hubfs/Fractal%20Website%202021/webinar/congreso-heroes-del-mantenimiento-octubre-2023/ebooks/dominando-los-indicadores-de-mantenimiento.pdf>

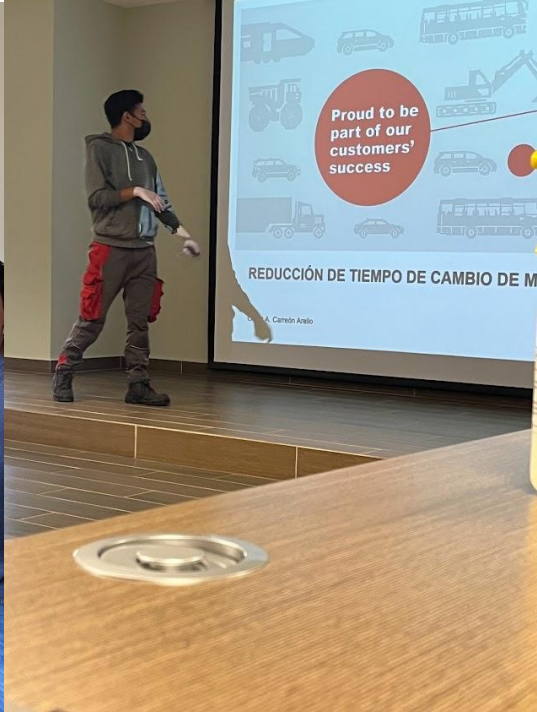
9 ANEXOS

Instrucción de trabajo

Proyecto:		Área/Máquina	
Nº/Índice:		Inyección	
Título:	Estándar para cambio de moldes	Puesto de trabajo:	SMED

Componentes y herramientas			
Nombre: Control de grúa.	Nombre: Palanca para platos de circulación de agua del molde.	Nombre: Llave tipo Allen 22mm, 8mm y 4mm.	
Referencia: Pieza 1	Referencia: Pieza 1	Referencia: Pieza 3	
			
Nombre: On-Line, limpiador de cavidades.	Nombre: Protector para molde.	Nombre: Desmoldante.	
Referencia: Pieza 1	Referencia: Pieza 1	Referencia: Pieza 1	
			





SMP AUTOMOTIVE SYSTEMS MEXICO S.A. de C.V.

Zitlaltepec, Tlax, a 16 de Enero de 2023

MLI. CRISTIAN ALONSO GARCÍA PAJARES Y CÉSPEDES
COORDINADOR DE EDUCACIÓN DUAL COMPLEJO REGIONAL CENTRO
SAN JOSE CHIAPA

ING. JUAN MANUEL MUÑOZ REYES
COORDINADOR DE SERVICIO SOCIAL Y PRÁCTICAS PROFESIONALES
BUAP
BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
P R E S E N T E

Carta de Liberación de Prácticas Profesionales

Por este medio hago constar que el **C. Oliver Alfredo Carreón Arelio** con número de control **201843360** de la carrera en **Ingeniería en procesos y gestión industrial**, ha finalizado sus prácticas profesionales con el proyecto **“Reducción de tiempo de cambio de molde (SMED)”** en el **área de producción Inyección** a cargo del **Ing. Ángel Ernesto Hernández Martínez**. Con un periodo a partir del **10 de enero 2022 al 13 de enero 2023**.

Se extiende la presente para los fines que al interesado convengan.

ATENTAMENTE



María Guadalupe Pérez
Recursos Humanos

SMP
SMP AUTOMOTIVE SYSTEMS
MEXICO S.A. DE C.V.
R.F.C.: PME971003MH7
N.R.P.: X6210376107
CARRETERA FEDERAL HUAMANTLA LA VENTA
KM 16+500 AL KM 17+100 No. 1650 C.P. 96580
ZITLALTEPEC DE TRINIDAD DE RIVERA SANTOS TLAXCALA

Av. Tlaxcala N° 480
Col. San Juan Cuautlancingo
Centro Cuautlancingo, Puebla
C. P. 72770

Teléfono Zitlaltepec (+52) 2232 ext 2164/2166
Teléfono Puebla (+52 222) 2 73 93 00 ext 122
www.smp-automotive.com

