

Artículo

Implementación del sistema SMED en empresa del sector automotriz.

Daniel Napoleon Gomez Balbuena ¹, *Rebeca Guadalupe Ortiz Mena ² Gustavo Cesar Medina ³, *Francisco Javier Michel Castro ⁴

¹ Tecnológico Nacional de México / Campus Instituto Tecnológico Superior de Huichapan; Ingeniería Industrial

^{2,4} Tecnológico Nacional de México / Campus Instituto Tecnológico Superior de Huichapan; Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable

³ Tecnológico Nacional de México / Campus Instituto Tecnológico Superior de Huichapan; Ingeniería en Gestión empresarial

* Correspondencia: rgortiz@iteshu.edu.mx

Resumen: El presente artículo expone la implementación del sistema SMED en una empresa del sector automotriz, con la finalidad de reducir el tiempo de montaje del herramental para equipos del área de troquelado. Se aplicaron en el desarrollo del proyecto tanto la metodología SMED que consta de tres simples pasos, y como soporte a ésta la metodología DMAIC, permitiendo la implementación de ambas la mejorar del proceso. Fueron clasificadas las actividades externas e internas, se elaboró el diagrama de flujo de proceso y se procedió a convertir aquellas tareas que se ejecutaran como internas en actividades externas lo que permitió reducir el tiempo de cambio de troquel. Aunado a esto se formularon mejoras en el herramental, maquinaria y transportes para reducir los tiempos en que se ejecutan ciertas tareas, como el centrado del troquel, la colocación de seguros, etc.

Keywords: SMED, DMAIC, diagrama de flujo, tiempo estándar.

Citar este trabajo: Gomez Balbuena, D.N.; Ortiz Mena, R.G.; Cesar Medina, G.; Michel Castro, F.J. Implementación del sistema SMED en empresa del sector automotriz. *RELITEC'S* 2023, 6ta, edición.

ISSN 2395-972X

relitecs.iteshu.edu.mx/

Recibido: 08-11-2023

Aceptado: 13-11-2023

Publicado: 30-11-2023

1. Introducción

La globalización en el mundo actual ha creado un entorno en el que la competitividad hace que las empresas se vean en la necesidad de evolucionar y ajustarse a la creciente demanda para la gran gama de productos que se lanzan al mercado día a día; actualmente “la industria metalmecánica del país aporta aproximadamente 16% del PIB industrial, produce una gran diversidad de materiales y componentes, siendo clave en las cadenas de proveeduría del propio sector y hacia otras industrias, y su composición es dominada por empresas micro, pequeñas y medianas. Como sucede con el promedio de la manufactura mexicana, la capacidad de producción se asocia a altos niveles de importación, incluyendo por supuesto tecnología, y a la transformación local con aportaciones de bajo valor agregado.” [1]

En el estado de Hidalgo en 2014, 82.6% de la producción estatal se concentró en siete sectores, el más importante fue el de las industrias manufactureras, aportando 29% del PIB estatal, influyendo en esto la cercanía con la zona centro del país y principalmente al Estado de México y al estado de Querétaro los cuales son sin lugar a dudas referencias obligatorias al momento de hablar de temas de la industria metalmecánica y automotriz, siendo de carácter obligatorio para la estabilidad económica del estado, el dar la importancia necesaria y prestar atención a las actividades dentro de la industria local para garantizar una mayor productividad y mejoras en la calidad de los productos ofertados [2].

Hoy en día, el mercado se caracteriza por ciclos de vida del producto más cortos y la creciente individualización de estos, lo cual aumenta la necesidad de las compañías de ser flexibles y de eficientizar los recursos, para ser capaces de satisfacer las demandas de los clientes y permanecer competitivos. Por esta razón, la Manufactura Esbelta (ME) se ha convertido en una alternativa para incrementar la productividad y desarrollar habilidades de manufactura [3].

La Manufactura Esbelta es un conjunto de técnicas y herramientas que provienen del objetivo fundamental del Sistema de Producción Toyota (TPS), eficientizar los procesos, mediante la eliminación o disminución de desperdicios en toda la cadena de valor [4]. ME busca lograr una utilización balanceada de los recursos, para permitirle a las compañías entregar al cliente productos de calidad a tiempo con un menor costo, logrando así un mayor margen de utilidad [5].

Las empresas deben encontrar formas de reducir los costos de producción, aumentar la productividad y garantizar la eficiencia en la ejecución de sus procesos operativos. En este contexto industrial, se ha vuelto imperativo implementar metodologías que mejoren la productividad diaria de las líneas de ensamble, y que, de la misma manera, contribuyan a la mayor eficiencia de las máquinas y sus operadores [6]. Un estudio del trabajo en curso potencia la optimización de los procesos, a través de la medición cronológica de los tiempos requeridos para las diferentes tareas, lo que permite identificar cuáles de estos constituyen procesos de valor agregado. La identificación de tiempos no productivos permite proceder a su eliminación mediante la introducción de mejoras [7].

La metodología desarrollada por Shigeo Shingo, denominada SMED (Intercambio de troquel en un minuto) propone que la preparación de la maquinaria se realice dentro de un período de tiempo máximo de 10 minutos. Esto se puede lograr mediante la racionalización de las tareas llevadas a cabo por el operador de la máquina [8] (Rosa et al., 2017). Al centrarse en la eliminación de los residuos asociados a los cambios de herramienta en la fase de configuración, SMED permite la reducción de los tamaños de los lotes y permite satisfacer la fluctuación de la demanda. Además, elimina los desperdicios asociados a la acumulación de inventario y contribuye en la reducción de los tiempos de entrega [9].

Un aspecto fundamental de la metodología SMED se relaciona con su característica de identificar actividades internas y externas. Todas las actividades de preparación que no interfieren directamente con el equipo, y que pueden llevarse a cabo sin interrumpir la producción, se designan como actividades externas. Por otro lado, aquellas que implican detener el equipo activo, se describen como actividades internas. La correcta separación de las actividades es lo que contribuye fundamentalmente a una reducción en los tiempos de preparación [10].

La implementación de SMED requiere un análisis previo para comprender claramente el proceso de cambio, con el fin de conocer en detalle cada operación de preparación. [11], mencionan que la aplicación de esta metodología consiste en 4 etapas (Figura 1):

- Etapa Preliminar: Se enfoca en identificar las operaciones de preparación y las herramientas, con el propósito de adquirir una comprensión extremadamente buena de todo el proceso.
- Etapa 1: Separación de actividades internas y externas.
- Etapa 2: Convertir las actividades internas en externas.

- Etapa 3: Reducir y/o eliminar actividades internas y externas.

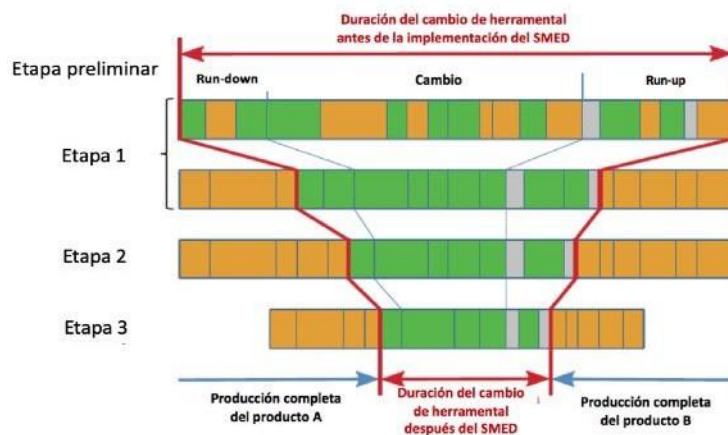


Figura 1. Etapas principales del sistema SMED y su impacto en los tiempos de cambio [10]

La determinación del Trabajo Estándar tiene como objetivo estandarizar la secuencia y ejecución de actividades en cada estación de trabajo, y de esta manera asegurar que los procedimientos se realicen de la misma manera, independientemente del empleado involucrado. Sin embargo, antes de poder llevar a cabo la estandarización, la línea debe estar balanceada, es decir, las operaciones en cada estación de trabajo deben distribuirse para garantizar tiempos de disponibilidad equilibrados y un flujo productivo sin problemas, que satisfaga la demanda requerida [6].

Se considera que el Trabajo Estandarizado constituye uno de los aspectos más importantes del pensamiento esbelto y es por esta razón que ambas metodologías se han utilizado con mucha frecuencia en el área de fabricación de componentes automotrices. Este sector ha ganado una creciente importancia en el mercado, debido a la alta calidad de sus productos, que constituyen el resultado de la estandarización de los procesos y las aplicaciones para garantizar la mejora continua [12].

Otra de las herramientas metodológicas que fueron empleadas en el desarrollo de este trabajo fue Seis sigma, que representa métrica, una filosofía de trabajo y una meta. Como métrica, seis sigma representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación. Como filosofía de trabajo, Seis-Sigma significa mejoramiento continuo de procesos y productos apoyando en la aplicación de la metodología seis-sigma, Planear, Hacer, Verificar, Actuar; Existe también otra forma de llamar a las fases de seis sigma con base en lo que se conoce como DMAIC [13].

La filosofía de Seis Sigma fue introducida por Motorola en los años 80, como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, de esta manera comienza a influenciar a las organizaciones a que estudien la variación presente en los procesos como un modo de mejorar los mismos. En general los procesos suelen encontrarse entre un nivel tres sigma, lo que equivale a un número de defectos de aproximadamente 67000 por millón de oportunidades (DPMO), sin embargo un proceso con una curva de capacidad de seis sigma es capaz de producir hasta un mínimo de 3.4 defectos por millón de oportunidades, lo que equivale a un nivel de calidad de 99.9996% [14] [15]. Así es como Seis Sigma representa la implementación rigurosa de los principios efectivos y técnicas de la calidad.

Esta filosofía ayuda a las empresas a lograr desempeñar un papel importante en relación a la calidad, logrando con ello minimizar los defectos en sus procesos, relaciona a todo el proceso y brinda medidas de calidad de alto nivel mediante la aplicación eficaz de las herramientas y las técnicas estadísticas. La siguiente figura muestra la metodología empleada en el Seis Sigma.

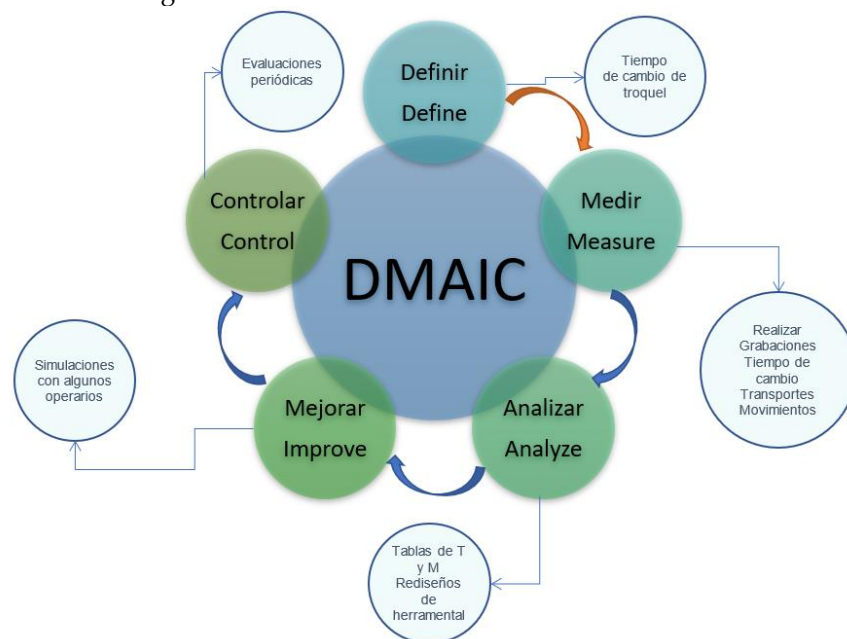


Figura 2. Metodología Seis Sigma (DMAIC) [16].

2. Materiales y Métodos

El proceso de cambio de herramental en la industria se enfrenta comúnmente a demoras ocasionadas por falta de técnicas eficientes que faciliten el desmontaje y montaje de dispositivos que en ocasiones suelen tener tamaños y pesos que requieren del uso de equipo pesado para su manipulación. Estas situaciones provocan que el tiempo invertido en retirar y cambiar un dispositivo se traduzca en pérdidas por falta de productividad en extensos periodos de tiempo. En el presente proyecto se abordó esta problemática en una empresa dedicada a troquelar piezas para la industria automotriz y de línea blanca, donde el tiempo de cambio de herramental actualmente oscilaba entre 40min y 1 hora. Para estas situaciones la técnica recomendada es el conocido SMED, cuya filosofía dicta que un cambio de herramental no debe demorar más de 10 min; para alcanzar esta meta se hizo uso de la metodología DMAIC que tiene sus bases en la metodología SMED y que se complementan.

Para el desarrollo del proyecto se llevó a cabo un análisis previo del estado actual del área de producción, mediante un análisis de los registros de producción por máquina, lo que permitió determinar la usabilidad de las mismas, y posteriormente al realizar el análisis de los datos obtenidos, se pudo determinar aquellas máquinas con mayor demanda y delimitar así, la prioridad por equipos para el registro de tiempos y movimientos.

El registro de tiempos y movimientos empleó dos formatos, el primero para realizar un registro completo y determinar los tiempos estándar por movimiento y general, y el diagrama de flujo de proceso para clasificar las actividades y detectar las que consuman más tiempo o las que no aporten valor al proceso y eliminarlas. Una vez establecidos los

tiempos y registrados los pasos para el cambio de herramental se procedió a clasificar las actividades en internas y externas para posteriormente realizar un nuevo análisis y detectar las actividades que erróneamente se ejecutaran de forma externa y convertirlas a actividades internas.

A la par de las actividades de registro de tiempos se realizó un registro de medidas para los troqueles con la finalidad de estandarizar las ranuras U de las paralelas e implementar un nuevo sistema de sujeción para los troqueles. Una vez recopilados y analizados los datos se procede a proponer las mejoras, realizar análisis para determinar la viabilidad de estas e implementarlas.

2.1 Definir

Primeramente, delimitamos el problema que deseamos mejorar, en este caso el cambio de herramental para el área de troquelado de la empresa automotriz, el cual actualmente toma un intervalo de tiempo que oscila entre los 40 min a 1hr. Dicha situación provoca un retraso en los tiempos de producción que sin lugar a dudas repercute en los tiempos de entrega de producto y finalmente en los ingresos de la empresa.

2.2 Medir

Determinar el estado actual será el siguiente paso, de esta manera se tiene un punto de partida y es más fácil seguir un camino efectivo.

Las actividades a realizar fueron los siguientes:

2.2.1 Actividades preliminares

a) Definir proceso.

Los procesos que se llevan a cabo actualmente se pueden dividir en progresivos y procesos tándem:

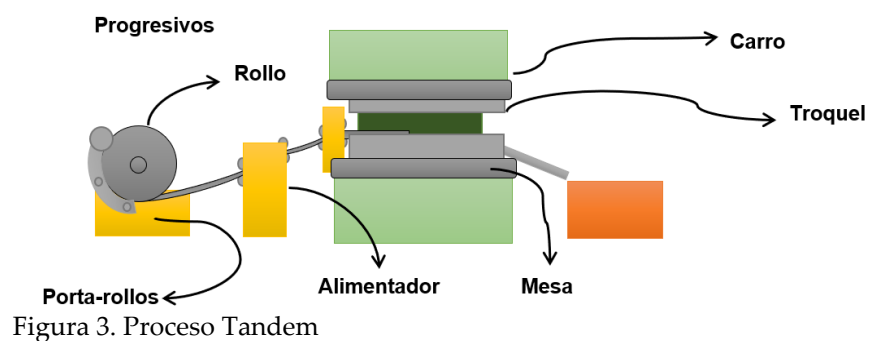


Figura 3. Proceso Tandem

Los procesos progresivos se distinguen por realizar una producción en serie o progresiva como su nombre lo indica, la estructura del proceso se conforma por un rollo de metal el cual no es más que una lámina de especificaciones previamente dadas por el cliente; este se monta sobre lo que se le conoce como un porta-rollos el cual tiene una estructura diferente dependiendo del fabricante y del año en que fue adquirido pero su función principal es el de servir como soporte para el rollo y hacerlo girar para desenrollar la lámina de metal.

Esta lámina se introduce al alimentador el cual está conformado por dos prensas pequeñas los cuales mediante dos cilindros metálicos aplanan la lámina para dejarla lo más recta posible y esta pueda llegar de manera correcta a las aberturas del troquel. El troquel está estructurado por secciones que desempeñan una labor en específico (corte de silueta,

doble, punzonado, etc.), el alimentados va introduciendo la lámina a una velocidad previamente programada, lo cual hace que las partes ya manipuladas por el troquel se vayan recorriendo de manera automática.

En este proceso está determinado por “el paso”, un término utilizado para referirse al tiempo que le toma a la prensa abrir y cerrarse lo cual influye en el espacio que existe entre cada operación que se realiza en la lámina, este valor es importante debido a que una variación en él puede provocar un producto fuera de especificación.

Procesos Tándem

Los procesos tándem se diferencian de los progresivos debido a que estos se conforman de varios pasos que no pueden realizarse en el mismo herramental por lo que deben pasar por varios pasos de troquelado para llegar al producto final.

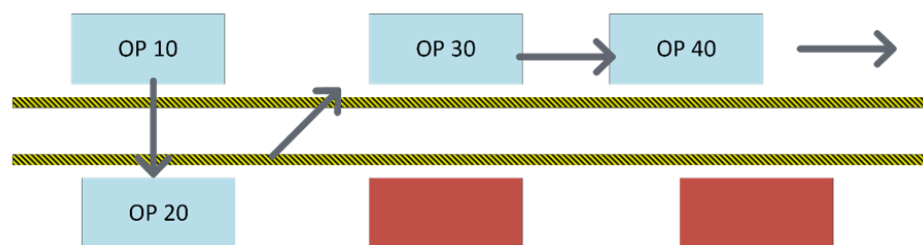


Figura 4. Flujo de actividades

Las operaciones se representan por números en decenas, de esta forma la primera operación se denotará con el número 10, la segunda con el número 20, etc. Seguido del número de operación se coloca el nombre del paso que se está ejecutando, es decir OP 10 – CORTE DE SILUETA, de esta forma es fácil dar seguimiento a todo el proceso cuando la pieza requiere varias fases.

b) Realizar un análisis de datos de producción para determinar las máquinas más importantes a mejorar.

Posteriormente se procedió a realizar un análisis de datos históricos de cada una de las máquinas (prensas) que nos permitieran conocer cuáles eran las de mayor uso y por lo tanto determinar aquellas máquinas que tomaríamos como prioridad para la mejora de los montajes y desmontajes. Debido a que la empresa no llevaba sino hasta este año el registro de su producción se tuvo que trabajar con los datos existentes que constaban de cuatro meses al momento de realizar los análisis.

Operaciones por Máquina

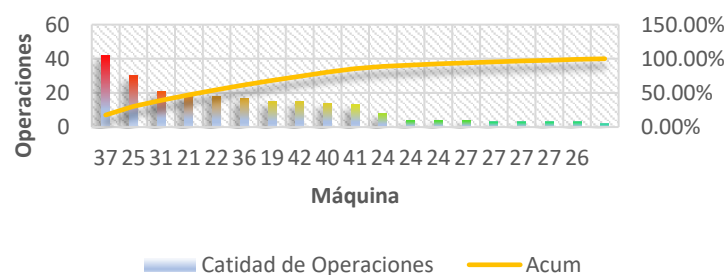


Gráfico 1. Diagrama de Pareto para máquinas y operaciones (fuente propia)

c) Realizar una verificación de las medidas de las máquinas para estandarizar el herramental de ajuste y evitar contratiempos al embonar los espárragos o algún otro complemento.

Verificación de Prensas. Una de las primeras actividades que se realizaron fue el de realizar mediciones a las prensas para agrupar las prensas que tuvieran medidas iguales o similares entre ellas y crear un estándar de herramental para cada grupo, lo cual ayudará crear nuevas herramientas de soporte o a modificar las ya existentes con la finalidad de que embonen de manera rápida en cada una de las ranuras de las prensas y reducir tiempos al momento de identificar que herramental es compatible con cada prensa y al momento de montar el troquel.

d) Realizar encuestas a los operarios involucrados en el proceso de cambio de troquel.

El operario es un aspecto vital del proceso, muchas de las grandes aportaciones que pueden obtenerse vienen de las personas que están en contacto directo con el proceso, por lo tanto, una encuesta siempre arrojará detalles que para el ojo inexperto pueden pasar desapercibidos.

2.2.2 Actividades de mejora

e) Tiempos y movimientos en el proceso de cambio de troquel

Realizar grabaciones de proceso de cambio de herramental

El orden para grabar el desmontaje y montaje de herramental fue de acuerdo a la cantidad de operaciones que realiza cada máquina tomando en cuenta que las operaciones representan el herramental que se usa para cada pieza.

Establecer número de ciclos a analizar

Es importante establecer el número de muestra para las grabaciones de cada cambio, para cuestiones prácticas se tomó como referencia la tabla establecida por General Electric para el total de ciclos o muestras a observar tomando como base el tiempo que dura dicha actividad.

Tabla 1 Cantidad de ciclos a cronometrar General Electric Company - Extraído de Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. [17]

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Tomando en cuenta que el tiempo actual oscila entre los 40min y hora y media, la cantidad de ciclos a cronometrar serán 3 por máquina.

Consideraciones para la grabación de video para las máquinas:

1. Llegar a un acuerdo junto con el supervisor de producción para determinar los horarios en los que se realizarán las grabaciones.

En este caso es importante estar informado respecto a los tiempos de producción para conocer los tiempos aproximados en que se realizan los cambios, es por ello que tener una vía de comunicación con el supervisor de producción es de gran importancia.

2. Grabar por lo menos 5 min antes de que la última pieza del lote actual salga y terminar la grabación hasta que la primera pieza buena del nuevo lote salga.

La grabación debe ejecutarse desde que la última pieza del actual lote sale hasta que salga la primera pieza del siguiente lote, de esta forma podemos abarcar un mayor margen de tiempo y detectar anomalías que de otra forma no serían posibles de registrar.

3. Tratar de cubrir en su totalidad el área completa de trabajo del montador.

Uno de los aspectos importantes que debemos tomar en cuenta al momento de realizar las grabaciones de video es el área de trabajo total que cubriremos en torno al cambio de troquel, para lo cual debemos ubicarnos en un lugar que nos permita observar la mayor cantidad de espacio de trabajo.

4. En caso de que algún suceso no pueda ser captada por la cámara este deberá ser registrado en una tabla con el minuto de grabación y el suceso ocurrido para su registro final.

Debido a que en algunas ocasiones el montador deberá desplazarse fuera del área de visión la cámara no podrá captar las actividades que realice en dicho momento para lo cual será necesario llevar un registro extra de estas anomalías mediante una tabla de registro.

5. El encargado de realizar la grabación evitará en lo mayormente posible obstruir las actividades que se realizan mientras se lleva a cabo la actividad.

2.3 Analizar

Posteriormente se analizaron cada uno de los datos obtenidos para las propuestas de mejora, se realizaron diferentes formatos que pudieran ilustrar de manera clara el proceso y los pasos que involucran realizar un cambio de herramental, los formatos empleados fueron el diagrama de flujo de proceso en el cual pudimos detectar y clasificar los pasos en operaciones, transportes, inspecciones y almacenajes. Estos formatos tenían la finalidad de ayudar a detectar algún excedente en la cantidad de transportes, inspecciones o alguna otra anomalía que pudieran estar retrasando el proceso, por lo que se realizaron modificaciones a algunos pasos y algunos más se eliminaron.

e) Tiempos y movimientos en el proceso de cambio de troquel

Para realizar el registro de los tiempos y movimientos se elaboró un formato en el cual también se realizaron los cálculos para determinar el tiempo estándar de cada movimiento. Otra herramienta que permitió crear un registro sencillo de interpretar, pero siendo útil fue el diagrama de flujo de proceso en el cual registramos los tiempos y movimientos bajo cuatro criterios, operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenaje, mediante el uso de este formato podemos detectar aquellas actividades que representan un excesivo consumo de tiempo y que a su vez no son esenciales.

f) Separación de actividades Internas y externas.

En el formato mostrado en la siguiente imagen se clasificaron también las actividades como internas o externas en el proceso de cambio y montaje del herramental.

Empresa:	Maquinados y Estampados Na		
Producto:		Operario:	
Máquina:		Realizó:	
Tamaño de troquel (actual):		Revisó:	
Tamaño de troquel (cambio):		Suplementos:	
Cambio de troquel (Desmontaje - Montaje)		Tipo de Operación (E/I)	M d
Operario	Montacargas		

Figura 5. Formato de registro de actividades internas y externas

g) Convertir actividades internas a externas.

Una vez registradas las actividades y clasificadas en externas e internas se procedió a analizarlas y detectar aquellas actividades que erróneamente estuvieran ejecutándose como internas y convertirlas a actividades externas, de esta forma se reduce el tiempo de montaje.

h) Realizar mediciones de las paralelas de cada troquel.

Un aspecto importante al momento de realizar un montaje recae en la altura que tiene la ranura en U de la paralela, esta ranura, en donde se coloca el espárrago para unir el troquel al carro y mesa de la prensa no tiene una medida estandarizada por ende el tiempo de colocación aumenta al momento de buscar la zapata adecuada que se coloca junto con el espárrago y la brida que conforman el seguro.

Por consiguiente otra mejora a realizar es la estandarización de la altura en la ranura de las paralelas y así eliminar los tiempos de búsqueda de herramental. La siguiente imagen muestra el formato usado para realizar el registro de altura de las paralelas.

3. Resultados

Se muestran a continuación los resultados obtenidos de la aplicación del DMAIC y el método SMED.

Con el análisis de la tabla obtenida se realizó un diagrama de Pareto mediante el cual se establecieron las máquinas en las cuales se realizarían las grabaciones para la toma de tiempos y movimientos.

3.1 Tiempos y movimientos en el proceso de cambio de troquel y clasificación de actividades externas e internas.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en este apartado

Tabla 2. Extracto de Clasificación de etapas de cambio de troquel (fuente propia)

Etapas de cambio de herramental	Tiempo Est.	Seg	Min
Preparación	15.00		x
Desmontaje	4.90		x
Preparación del portarollos	4.63		x
Retiro de Troquel	1.23		x
Colocación rolo	2.37		x
Colocación de troquel	0.88		x
Montaje rolo	10.27		x
Montaje de troquel	26.65		x
Prueba y liberación	5.57		x
TOTAL	71.50		

En el siguiente grafico se aprecia la reducción de los tiempos en cada operación después de eliminar las actividades internas y eliminar movimientos innecesarios, así como la mejora de herramental:

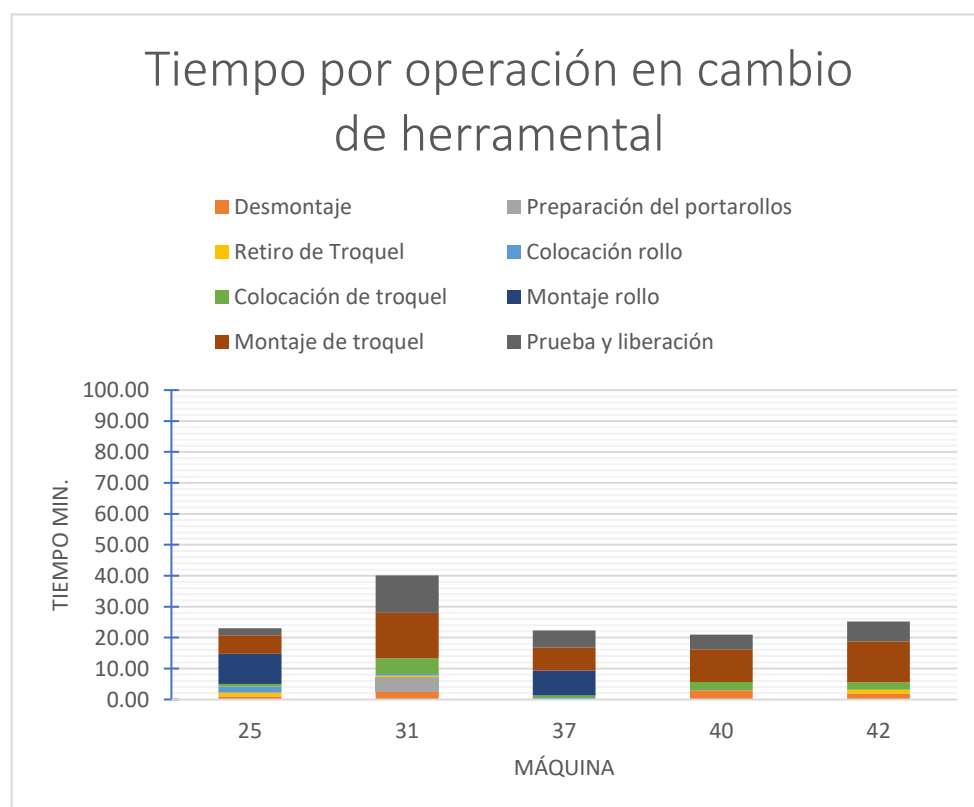


Gráfico 2. Reducción de actividades internas y movimientos

El gráfico siguiente muestra la comparativa entre los tiempos de montaje anteriores a la aplicación del SMED, resaltando una mejora en la disminución del tiempo de montaje al observar claramente una reducción en más del 30%.

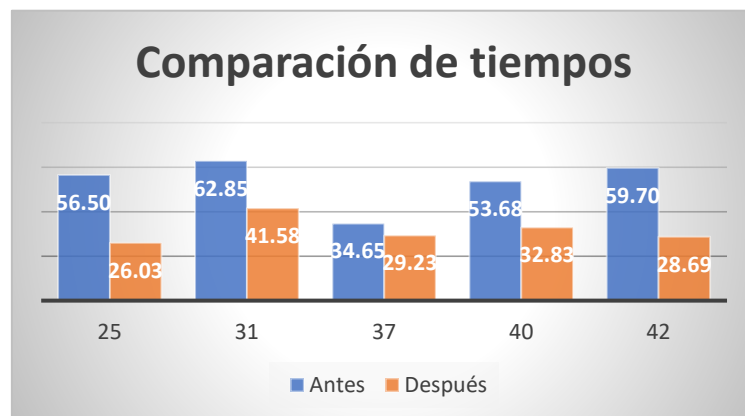


Gráfico 3. Comparación de tiempos antes y después.

3.2 Conversión de actividades internas a externas.

Una vez que fueron identificados los movimientos que se realizan en el cambio de troquel se procedió a cambiar las actividades internas en externas. Este paso se refiere a aquellas actividades que el operario realiza de manera inconsciente con la máquina apagada, tales como desplazarse para conseguir herramientas, o incluso transportar el troquel cuando la máquina terminó su producción minutos antes. Estas actividades se deben modificar de tal forma que cuando la máquina se detenga estas ya estén realizadas para evitar que el tiempo se prolongue aún más. “Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas.” [15]

3.3 Encuesta a operarios

El objetivo de realizar las encuestas a los operarios fue detectar mejoras para el herramienta que no estuviera disponible en planta o para detectar inconsistencias de forma general en el área. Se enlistan a continuación las solicitudes y sugerencias, resultado de la aplicación de la encuesta a operarios.

- Se necesitan herramientas como pinzas de presión y llaves stillson.
- La necesidad de incluir las paralelas en el troquel.
- Disposición del montacarguista
- La posibilidad de incluir un operario extra al momento de realizar montajes en máquinas grandes
- Mejorar el sistema de identificación de troqueles
- La implementación de vehículos para transportar el material

3.4 Actividades de Mejora

3.4.1 Implementación de señalizaciones en máquina

Un paso importante al momento de realizar un montaje es colocar el troquel en el centro de la prensa para que la fuerza de presión sea uniforme en toda la pieza, este paso suele ser complejo debido a que son limitadas las referencias o señalizaciones en la prensa y el troquel, es por esta razón que se utilizaron las guías en troquel y máquina para poder facilitar la colocación del troquel en el centro de cada prensa y la alineación del troquel en procesos progresivos y para poder ubicar el troquel en el centro para procesos normales. Estas guías se colocaron mediante maquinado en el carro, mesa de la prensa, laterales y base del troquel. En la base las guías sobresalen de las paralelas, las cuales encajan con la abertura que se maquinó en la mesa y así poder detectar fácilmente el momento en el que el troquel se encuentre en el centro de la mesa(máquina)

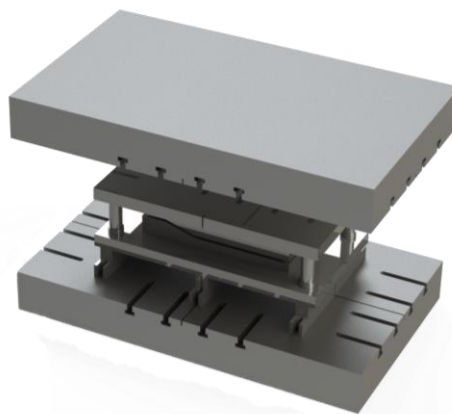


Figura 6 Ejemplo de aplicación de guías (Fuente propia)

2. Nuevo diseño para los espárragos

El proceso de atornillado es una de las actividades que más tiempo consume debido a que los espárragos suelen tener una longitud superior a los 15cm lo cual representa una inversión de tiempo valioso cuando se requiere desatornillar completamente el seguro, o incluso cuando se necesita atornillar un troquel con la ranura en U pequeña.

Por lo que se propone estandarizar el tamaño de los espárragos y usar un código que mantenga asignados los espárragos a su respectivo troquel.

3. Estandarización de altura para paralelas

Uno de los aspectos que causa mayor conflicto en el montaje del troquel es la diferencia entre los niveles máximos y mínimos de apertura y cierre de las máquinas, lo cual al contrastar con la gran diferencia en tamaños de cada troquel llevó a la necesidad de crear paralelas de tamaños diferentes que se adecuaron a las necesidades del troquel y de la máquina (prensa), lo cual ha desencadenado una serie de situaciones tales como que al

momento de realizar el montaje se pierda mucho tiempo en identificar el tamaño adecuado de las paralelas las cuales necesitarán un tamaño específico de espárrago (para el seguro) que a su vez necesitará de un aumento específico para dicho seguro. En este caso los aumentos o zapatas, son de distintos tamaños debido a que las ranuras en U de las paralelas no son de un tamaño estándar, sino que varían de acuerdo al troquel, lo cual consume tiempo cuando se está buscando la zapata adecuada para la altura de la ranura. Para esta situación se estandarizó la altura de las ranuras lo cual permitió ahorrar tiempo en la búsqueda de la zapata adecuada.

4. Implementación de un nuevo sistema de ajuste

Para reducir el tiempo de montaje del troquel se plantea la reducción en el uso de herramental manual (llaves, espárragos, bridas) por herramientas de ajuste automático como los clamps de tipo cilindro de pistón hueco, este tipo de clamps solo necesitan insertarse en la ranura T de la mesa superior e inferior y el ajuste se realiza automáticamente lo cual reduciría drásticamente los tiempos de atornillar, desatornillar, buscar herramental, etc.

Ventajas

- Adaptación ideal a la superficie de sujeción mediante arandela esférica
- Tirante para ranura en T asegurado con fiador
- Transmisión ideal de la fuerza
- Construcción compacta y manejable con ranuras para coger
- Gran carrera de sujeción
- No hay cantos que molesten al introducir el troquel
- Fácil montaje posterior
- Pistón templado y rectificado
- Reducido coste de montaje
- Limitación de carrera a plena carga [15]

5. Implementación de un sistema de transporte para herramental de montaje

Al realizar los análisis de tiempos y movimientos se logró identificar grandes desperdicios de tiempos por transporte, por lo general este tiempo oscila entre 6min a 26min lo cual representa un porcentaje de tiempo no productivo considerable. La causa principal de estos desplazamientos innecesarios principalmente son por la poca disponibilidad de herramental cerca del lugar donde se realiza el montaje o por falta de material de montaje (paralelas, seguros, aumentos, espárragos), esta situación se presenta principalmente por que el operario físicamente no puede transportar todo este material en un sólo recorrido, o porque el material necesario que normalmente debería estar disponible en la máquina no se encuentra por que ha sido tomado por algún otro operador y este a su vez no lo ha devuelto a su lugar correspondiente.

Es por esta razón que se propone un concepto de vehículo pequeño que el operario pueda usar como transporte para las herramientas de montaje (llaves, pinzas) y material de montaje (espárragos, paralelas, seguros, aumentos), esto ayudará al operario a transportar todo el equipo necesario en un solo recorrido sin necesidad de crear un desgaste físico en él y ahorrando tiempo al eliminar los transportes por búsqueda de material.

Implementación de un segundo operario en el caso de troqueles medianos y grandes

Para este paso es importante tratar de reducir en su mayoría los tiempos que implican transportes, en este caso el hecho de trasladarse de la parte frontal a la parte posterior de la máquina suele consumir una gran parte de tiempo, y más cuando la máquina y el troquel en el que se está realizando el montaje es de tamaño grande. Por dicha razón se propone poner a disposición del operario un compañero que sirva como auxiliar al momento de realizar el montaje y desmontaje, y de esta manera dividir los pasos entre ambos operadores.

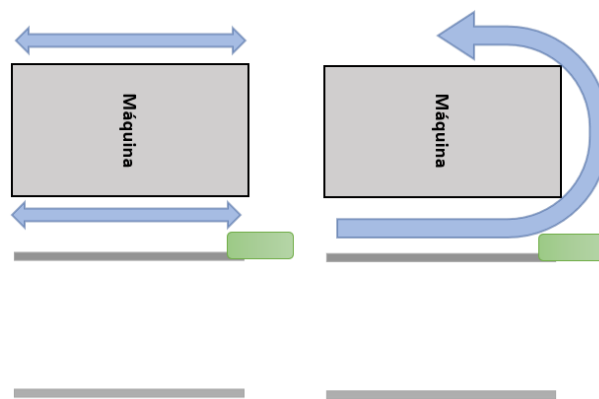


Figura 7. Desplazamientos de operarios en Máquina

5.2 Reubicación de los estantes y troqueles

Uno de los desperdicios que se deben reducir y de ser posible evitar son los transportes por lo que se implementará una redistribución de los estantes en los cuales se encuentran los troqueles de tal forma que se encuentren cerca de la máquina en la cual se introduce con mayor frecuencia.

3.5 Implementación de actividades de Control

Se realizaron evaluaciones periódicas que permitieron evaluar el tiempo de montaje del herramental, con la finalidad de mantener un estándar de tiempo, así mismo se implementaron talleres de preparación para los nuevos operarios que realicen montajes estableciendo una rutina de actividades que ayudó a convertir la rutina en un hábito que el operario pueda realizar sin la necesidad de estar recordando cada uno de los pasos.

El objetivo de esto es que el operario pueda realizar las actividades en el tiempo adecuado de manera inconsciente, esto es más efectivo que saturar la mente del operador con una gran cantidad de protocolos a seguir los cuales en un tiempo muy corto llegará a olvidar en su mayoría.

4. Discusión

La aplicación de la metodología SMED al centrarse en la eliminación de los desperdicios asociados a los cambios de herramienta en la fase de configuración, tales como actividades y movimientos innecesarios, búsqueda de materiales y herramental, paros no deseados de equipo (por su preparación), permite la reducción de los tamaños de los lotes y permite satisfacer la fluctuación de la demanda, contribuyendo a la reducción de los

tiempos de entrega y de los recursos materiales y humanos (en cuestión de tiempo empleado para realizar el cambio), lo que proyectará a la empresa a un ciclo de mejora continua que ayudará a detectar y prevenir problemáticas futuras.

La buena aplicación del SMED depende de la habilidad del equipo que aplica tal metodología para poder identificar actividades internas y externas. Es decir todas las actividades de preparación que no interfieren directamente con el equipo, y que pueden llevarse a cabo sin interrumpir la producción, se designan como actividades externas; mientras que todas aquellas actividades que implican detener el equipo activo, se describen como actividades internas. La correcta identificación y separación de las actividades es lo que contribuye fundamentalmente a una reducción en los tiempos de preparación. Algo que cabe destacar es la importancia de realizar grabaciones para detectar las actividades internas y externas y al mismo tiempo realizar la toma de tiempos, esto ayudará a detectar fácilmente aquellos movimientos que consuman demasiado tiempo y permitirá formular estrategias para evitarlos y eliminarlos, la entrevista con los operarios podría ser también una estrategia relevante al combinar el conocimiento teórico con la experiencia lo cual da como resultado una perspectiva más clara de los problemas a los cuales se enfrentan los operarios en su labor diario y ayuda a crear alternativas que sean fáciles de ejecutar y no generen conflicto en la práctica.

Contribución:

Daniel Napoleon Gomez Balbuena. Autor principal, redacción y estructura.

Rebeca Guadalupe Ortiz Mena. Autor de correspondencia. Redacción y metodología.

Gustavo Cesar Medina. Conceptualización y revisión bibliográfica.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Agradecimientos

Agradezco todo el trabajo y colaboración del ingeniero Raymundo González León, encargado de llevar a cabo el desarrollo del proyecto como residente en la empresa, a quién me toco dirigir como Director de tesis, y que formo parte de un equipo genial que tuvieron el valor de medirse con otras instituciones en un evento a nivel nacional, y obtener un segundo lugar (a nada del primer lugar), Equipo que recuerdo con mucho cariño y que tuve el honor de ser su maestro.

Conflicto de interés:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. O. U. Becerril Torres, J. A. Godínez Enciso y R. A. Canales García, «Innovación y productividad en la industria metal-mecánica de México, el contexto actual, 2010-2016,» *Economía Coyuntural*, vol. 3, nº 4, 2018.
2. E. D. Gaytan Alfaro y J. R. Vargas Sánchez, «Agrupamientos industriales de la economía del estado de Hidalgo, México: un enfoque de insumo-producto,» *Economía, sociedad y territorio*, vol. 19, nº 60, 2019.
3. Buer, S.-V., Semini, M., Strandhagen, J. O. & Sgarbossa, F., 2020. The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance. *International Journal of Production Research*, Issue DOI: 10.1080/00207543.2020.1790684, pp. 7-16.

4. Fallas-Valverde, P., Quesada, H. J. & Madrigal-Sánchez, J., 2018. Implementación de principios de manufactura esbelta a actividades logísticas: un caso de estudio en la industria maderera. *Tecnología en Marcha*, Volumen 31-3, pp. 52 - 65.
5. Singh, S. & Kumar, K., 2019. Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008-2018). *Ain Shams Engineering Journal*, Volumen 11, pp. 465 - 471.
6. Antonioli, I. et al. (2017) 'Standardization and optimization of an automotive components production line', *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 13, pp. 1120– 1127. doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.173.
7. Duran, C., Cetindere, A. and Aksu, Y. E. (2015) 'Productivity Improvement by Work and Time Study Technique for Earth Energy-glass Manufacturing Company', *Procedia Economics and Finance*. Elsevier B.V., 26(15), pp. 109–113. doi: 10.1016/s2212- 5671(15)00887-4.
8. Rosa, C. et al. (2017) 'SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire- Rope assembly lines in the automotive industry', *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 13, pp. 1034–1042. doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.110.
9. Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M. and Suksabai, P. (2015) 'Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles', *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 2(February), pp. 102–107. doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.090.
10. Rodríguez-Méndez, R. et al. (2015) 'A case study: SMED & JIT methodologies to develop continuous flow of stamped parts into AC disconnect assembly line in Schneider Electric Tlaxcala Plant.', *IFAC-PapersOnLine*, 28(3), pp. 1399–1404. doi: 10.1016/j.ifacol.2015.06.282.
11. Costa, E. et al. (2013) 'An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools', 4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure of Mechanical Systems, 1(1), pp. 1–8. doi: 10.13140/2.1.2099.5525.
12. Kulkarni, P. P. (2015) 'Productivity Improvement Through Lean Deployment & Work Study Methods', *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 03(02), pp. 429–434. doi: 10.15623/ijret.2014.0302076.
13. E. J. Escalante Vázquez, Seis - Sigma. metodología y técnicas, México: Editorial Limusa, 2005.
14. Galicia, F., 2008. Aplicación de un modelo de calidad "six sigma" para la reducción de costos en una empresa. Tesis de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional.
15. Manepatil, U. 2012. Six sigma a tool for high performing organization. *Golden Research Thoughts*, Vol. 2, No. 5, pp. 1–4.
16. Aguilar, J., 2010. Análisis del proceso de freído en una empresa elaboradora de frituras de harina de la región. Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Sonora.
17. B. W. NIEBEL y A. Freivalds, *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño de trabajo*, México: The McGraw-Hill, 2009.