

Reducción de Tiempos de Preparación en los Cambios de Estrellas Rectificadoras de una Empresa Metal-Mecánica

Fernando Ortiz Flores*
Jonathan Camarena Piña**
Georgina Solís Rodríguez***
Raúl Torres Osorio****

Resumen

El presente trabajo desea mostrar cómo se aplicó la herramienta de ingeniería industrial denominada SMED⁽¹⁾ en el área de rectificado de una empresa⁽²⁾ metal-mecánica que se dedica a la manufactura de limas en general. El origen de esta aplicación se presentó por la inquietud de dicha empresa por mejorar su proceso de producción de limas. Aquí se mostrara como se realizó el análisis que dio origen a la aplicación de SMED, con la finalidad de reducir los tiempos de preparación en los cambios de estrellas rectificadoras, las problemáticas encontradas durante su implantación y logros obtenidos al final del proceso de implantación y, desde luego, la metodología utilizada para su implantación. Los resultados de la aplicación de SMED se ilustrarán mediante una tabla, mostrando los tiempos de ajuste realizados antes y después de aplicar la técnica SMED. Es importante mencionar que la empresa apoyó este proyecto porque tenía la inquietud de reducir paros en máquinas ocasionados por preparación, ajustes o averías con el fin de obtener productos de calidad e incrementar la productividad de su equipo.

Introducción

La empresa metal-mecánica en la cual se aplicó la técnica SMED, líder en su ramo, presenta demasiados paros por preparación o ajustes, lo que repercute en su productividad, costos por produc-

ción, entregas, etc. Esta empresa posee gran variedad de productos, ocasionando paros por preparaciones, cambios y ajustes para sus máquinas, por esta razón fue necesario utilizar el sistema *Single Minute Exchange of Die* (SMED), en especial en el área de rectificado, para minimizar los tiempos por preparación, durante el cambio de estrella rectificadora. Esta actividad fue una de las causas principales de paro en dicha empresa.

La técnica SMED, fue creada por Shigeo Shingo y desarrollada en la empresa Toyota en Japón, en el año de 1969. SMED es sin lugar a dudas un concepto de alta innovación generado por los japoneses dentro del ámbito de la ingeniería industrial.

Cabe mencionar que actualmente esta técnica de trabajo no sólo se aplica en los cambios de herramientas y preparación de máquinas y equipos, puesto que existen aplicaciones en la preparación y puesta a punto de quirófanos, preparación de embarques aéreos, atención de automóviles fórmula uno y de otras actividades vinculadas a los servicios.

La implantación de SMED, da como resultado un incremento en la flexibilidad de la operación, logrando varios beneficios: incremento en la velocidad de respuesta, disminución de los niveles de inventario y aumento de la capacidad productiva.

1. Metodología para reducir los tiempos de paro

Para la aplicación de la técnica SMED, se utilizó la metodología que propone Shingo (1990), en su libro *Una revolución en la producción: El sistema SMED*. El autor menciona que antes de aplicar la metodología se deben tener bien claros dos conceptos relacionados con los tipos de operaciones:

- La operación interna, que es aquella actividad que debe realizarse con la máquina parada.
- La operación externa, que es aquella actividad que puede realizarse con la máquina en marcha.

(1) Single Minute Exchange Of Die.

(2) Por confidencialidad no se menciona el nombre de la empresa.

*Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Profesor-Investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba. Correo electrónico: ferchilo@prodigy.net.mx.

**Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Correo electrónico jonathancamarena@hotmail.com.

***Maestra en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Saltillo. Profesora-Investigadora de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Saltillo. Correo electrónico: gsolisr@gmail.com.

****Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Profesor de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba. Correo electrónico raultorresosorio@yahoo.com.

Cuando estos conceptos están claros, se puede utilizar la siguiente metodología (Shigeo, 1990; Aguilar, 1999):

- *Etapa preliminar:* Estudio de la operación de cambio, no se distinguen las operaciones internas de las externas. Este es el primer paso y quizás el más importante, ya en éste se identificaron todas las actividades relacionadas al cambio de estrella rectificadora, distinguiendo las operaciones internas y externas.
- *Primera etapa:* Separar las operaciones internas de las externas.
- *Segunda etapa:* Convertir las operaciones internas en externas.
- *Tercera etapa:* Perfeccionar las operaciones internas y externas.

Para el éxito de esta metodología fue necesario realizar lo siguiente:

- Obtener apoyo por parte de la empresa.
- Llevar a cabo una investigación de campo.
- Sensibilizar e involucrar al personal hacia el cambio.
- Capacitar al personal sobre la técnica SMED.

1.1 Obtener apoyo por parte de la empresa

Para lograr el apoyo de la empresa se tuvieron juntas con el gerente de la empresa, donde se mostró la técnica SMED y los beneficios que se obtienen al aplicarla. Los apoyos obtenidos después de esta plática fueron:

- **Apoyo económico:** la empresa aportó la herramienta y los aditamentos necesarios.
- **Involucramiento:** Se obtuvo el permiso de utilizar un día de cada semana durante un mes, donde se motivó al personal al cambio y se capacitó en el uso de la técnica SMED.
- **Apoyo personal:** La empresa facilitó toda la información del proceso de rectificado, actividades y datos propiedad de la empresa.

1.2 Llevar a cabo una investigación de campo

La investigación de campo permitió tener un panorama más amplio sobre la situación de la empresa, conocer el área de trabajo y el proceso de fabricación de limas. Por otro lado para identificar las principales causas de paro, se realizaron pláticas con los jefes de turno y jefes de área.

Las pláticas y el diagnóstico mostraron que el cambio de estrella rectificadora, localizada en el área de rectificado, era la principal causa de paro. Adicionalmente, la investigación de campo permitió conocer que el tiempo de paro promedio general del turno matutino era de 12.71 minutos (Figura 1) y del turno vespertino de 11.34 minutos (Figura 2); estos tiempos se obtuvieron tomando el tiempo promedio por cada máquina durante un mes. Para calcular el tiempo promedio general por cambio de estrella rectificadora se utilizó la ecuación 1.



Figura No. 1: Tiempo promedio por máquina y tiempo promedio general para cambio de estrella rectificadora: turno matutino.

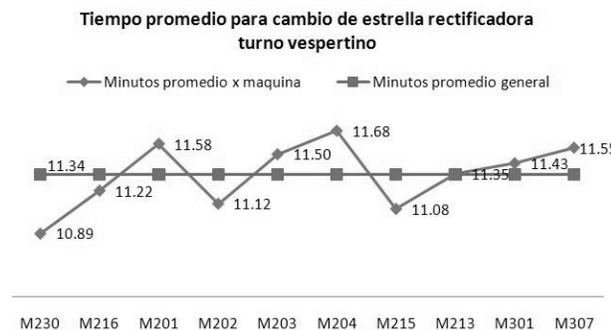


Figura No. 2: Tiempo promedio por máquina y tiempo promedio general para cambio de estrella rectificadora: turno vespertino.

Ecuación 1

$$TPG = \frac{TPGTM + TPGTV}{2}$$

Donde:

TPG: Tiempo promedio general.

TPGTM: Tiempo promedio general turno matutino.

TPGTV: Tiempo promedio general turno vespertino.

De esta forma:

$$TPG = \frac{TPGTM + TPGTV}{2} = \frac{(12.71 + 11.34)}{2} = (24.05) = 12.02 \text{ minutos}$$

Conociendo el tiempo de paro general para el cambio de estrella rectificadora de **12.02 minutos**, fue posible calcular, mediante la ecuación 2, el tiempo total de paro acumulado de cada de las 10 máquinas rectificadoras con las que cuenta la empresa.

Ecuación 2

Tiempo de paro general = (TPG)(Núm. de días)

De esta forma:

$$\text{Tiempo de paro general} = (12.02 \frac{\text{minutos}}{\text{día}}) (24 \frac{\text{días}}{\text{mes}}) = 288.48 \frac{\text{minutos}}{\text{mes}}$$

Debido a que en la empresa existen 3 turnos, el tiempo de paro general se consideró de: **865.44 minutos/mes.**

Así mismo, como se ha mencionado, la empresa cuenta con 10 máquinas rectificadoras, lo cual nos da un total acumulado de: 8654.40 minutos/mes (865.44*10). Esto es equivalente a tener **144.24 hrs de paro por cambio de estrella rectificadora al mes**

1.3 Sensibilizar al personal hacia el cambio

La sensibilización y el involucramiento del personal para la aceptación y aplicación de la técnica SMED, se logró mediante la capacitación que se impartió al

personal de la empresa y la proyección de un video llamado “virus de la actitud”.

Con esta presentación se logró romper la resistencia al cambio y que el personal externara sus opiniones e inquietudes sobre la técnica SMED, dejando el terreno fértil para su aplicación.

1.4 Capacitar al personal sobre la técnica SMED

La capacitación permitió al personal de la empresa identificar las operaciones internas y externas, así como la metodología a seguir para la aplicación de la técnica SMED. Esto se logró con el apoyo de la empresa la cual destinó tres horas por semana durante un mes para la capacitación del personal, dando oportunidad de contestar todas las preguntas y dudas relacionadas con la técnica.

1.5 Prueba piloto

La prueba piloto consistió en la aplicación de las 4 etapas de la técnica SMED en el área de rectificado, tomando una de las diez máquinas rectificadoras para su aplicación, obteniendo resultados favorables y reduciendo considerablemente el paro por cambio de estrella rectificadora. Lo que se realizó en cada una de ellas se describe a continuación:

Etapas preliminar: no hay distinción entre las operaciones internas y externas

En esta etapa preliminar se realizó un análisis detallado de cómo se realizaba el cambio de estrella rectificadora; este análisis consistió en lo siguiente:

- Se identificó cada una de las actividades realizadas para el cambio de estrella rectificadora, mediante un formato diseñado para la empresa.
- Se cronometró cada una de las actividades realizadas para el cambio de estrella rectificadora. Los tiempos se plasmaron en

el formato previamente diseñado.

- Se realizaron pláticas con los trabajadores para obtener ideas de mejora.

La tabla 1 muestra todas las operaciones realizadas durante un cambio de estrella rectificadora y la secuencia de las actividades, los tiempos promedios de las 30 observaciones realizadas en cada una de ellas y el tiempo promedio de paro total de la máquina rectificadora; el cual fue de 12 minutos y 50 segundos. En esta tabla se indica que todas las actividades son realizadas por una sola persona (operario).

Secuencia	Actividad	Interna	Externa	Tiempo promedio	Ejecutante
1	Aflojar tornillo portaestrella rectificadora y desmontar estrella rectificadora	X		1 min 20 seg	Operario
2	Transportar estrella rectificadora al banco de trabajo	X		0 min 25 seg	Operario
3	Aflojar tornillo de estrella rectificadora	X		1 min 30 seg	Operario
4	Quitar perno portaestrellas y remover estrellas desgastadas	X		1 min	Operario
5	Cortar perno para estrellas nuevas	X		3 min	Operario
6	Poner estrellas nuevas	X		1 min 30 seg	Operario
7	Apretar tornillo de estrella rectificadora	X		1 min 30 seg	Operario
8	Transportar estrella rectificadora de banco de trabajo a rectificadora	X		0 min 25 seg	Operario
9	Montar estrella rectificadora y apretar tornillo portaestrella rectificadora	X		1 min 30 seg	Operario
10	Ajustar estrella rectificadora	X		0 min 40 seg	Operario
Tiempo promedio de paro por actividad interna (30 observaciones)				12 min 50 seg=12.82 min	

Tabla 1. Tabla de actividades y tiempos para el cambio de estrella rectificadora.

Primera etapa: Separación de las operaciones internas de las externas

Determinar qué actividades de las identificadas en la etapa preliminar pueden hacerse con la máquina parada, fue el objetivo de esta etapa denominada “Separación de las operaciones en internas y externas”.

La tabla 2 muestra la segregación de actividades que se obtuvo con la ayuda del preparador (jefe del área de rectificado). En esta tabla

se observa que cinco de las diez actividades realizadas de manera interna (actividades 3 a 7 de la tabla 1) pueden ser realizadas de manera externa por el preparador o auxiliar, dado que este apoyo no afecta sus actividades diarias.

Al realizar la separación de las actividades internas y externas se recomendó que el operario de la máquina rectificadora 215 tuviera su propia herramienta en un lugar visible y de fácil acceso en la máquina para evitar pérdidas de tiempo, debido a que la costumbre era pedir la herramienta faltante a otro operario. Esta recomendación fue aceptada y

por lo tanto se le otorgó su propia llave de 10mm.

Dentro de esta etapa se realizó adicionalmente una lista de comprobación de herramienta y material necesario para el cambio de estrella rectificadora (tabla 3).

Con estos simples cambios de identificar las operaciones internas de las externas y llevarlas a cabo, se pudo observar una disminución significativa del tiempo promedio de paro de la máquina rectificadora tangencial 215: de 12 minutos 50

segundos (tabla 1) a 4 minutos 20 segundos (tabla 2). 2: actividad 2 y 8; que podían ser convertidas en actividades externas.

Secuencia	Actividad	Interna	Externa	Tiempo promedio	Ejecutante
1	Aflojar tornillo portaestrella rectificadora y desmontar estrella rectificadora	X		1 min 20 seg	Operario
2	Transportar estrella rectificadora al banco de trabajo	X		0 min 25 seg	Operario
3	Aflojar tornillo de estrella rectificadora		X	1 min 30 seg	Preparador o auxiliar
4	Quitar perno portaestrellas y remover estrellas desgastadas		X	1 min	Preparador o auxiliar
5	Cortar perno para estrellas nuevas		X	3 min	Preparador o auxiliar
6	Poner estrellas nuevas		X	1 min 30 seg	Preparador o auxiliar
7	Apretar tornillo de estrella rectificadora		X	1 min 30 seg	Preparador o auxiliar
8	Transportar estrella rectificadora de banco de trabajo a rectificadora	X		0 min 25 seg	Operario
9	Montar estrella rectificadora y apretar tornillo portaestrella rectificadora	X		1 min 30 seg	Operario
10	Ajustar estrella rectificadora	X		0 min 40 seg	Operario
Tiempo promedio de paro por actividad interna (14 observaciones)				4 min 20 seg=4.33 min	

Tabla 2. Segregación de actividades para el cambio de estrella rectificadora.

Segunda etapa: Convertir operaciones internas en externas

El objetivo de esta segunda etapa fue convertir algunas de las operaciones internas, mencionadas en la tabla 2, en externas, con el fin de disminuir aun más el tiempo de paro de la máquina rectificadora tangencial 215 durante el cambio de estrella rectificadora.

Para lograr esto se está trabajando en el diseño de un contenedor con dos ranuras, el cual se pretende localizar en la máquina rectificadora, para que se pueda alojar en una ranura la estrella rectificadora que se quitará y en la otra la estrella rectificadora a colocar, permitiendo así reducir los tiempos de la actividad 2 y 8 (tabla 2) e incluso poder eliminar este tiempo, ya que el preparador sería el responsable de mantener

Localización	Herramienta necesaria	Material necesario
Máquina de rectificado 215	Llave 10 mm 	—
	2 llaves 10 mm 	—
Mesa de trabajo	Segueta 	Pernos para estrella rectificadora 
		Estrellas rectificadoras 

Tabla 3. Lista de comprobación para el cambio de estrella rectificadora.

En esta segunda etapa, en desarrollo, se identificaron dos de las actividades internas de la tabla

tiempos de paro por cambio de estrella rectificadora. Para lograrlo, se observaron con más detalle las

actividades de la tabla 2 para ver la posibilidad de perfeccionar la forma en que se realizaban. Esta observación permitió identificar que las actividades internas 1 y 9 “aflojar y montar la estrella rectificadora” podrían ser reducidas. También se observó que las actividades externas 3 y 7 “aflojar y apretar tornillo de estrella rectificadora” realizadas por el preparador o auxiliar podrían ser mejoradas. Las mejoras se describen a continuación:

- Para las actividades internas 1 y 9 de la tabla 2 se adquirió una llave estría con matraca 10 mm, ya que estas actividades se realizaban con una llave española. Con este cambio se logró reducir el tiempo de la actividad 1 de 1 minuto 20 segundos a 1 minuto y de la actividad 9 de 1 minuto 30 segundos a 1 minuto.
- Para las actividades externas 3 y 7 de la tabla 2 se adquirió una matraca con dado 10mm ya que se realizaba con una llave española, logrando reducir ambos tiempos de 1 minuto 30 segundos a 1 minuto.

Adicionalmente, a las mejoras antes mencionadas se hicieron las siguientes propuestas:

- Para las actividades internas 1 y 9 de la tabla 2 se propuso utilizar un dispositivo de conexión rápida que facilite aflojar y montar la estrella rectificadora.
- Para la actividad 5 de la tabla 2 “cortar perno para estrellas nuevas”, se propuso facilitarle al preparador una cortadora lo que permitiría cortar más rápido los pernos y minimizar el tiempo empleado para cortar pernos o incluso eliminarlo en algunas ocasiones por contar con algunos pernos ya cortados.

2. Resultados

Los resultados obtenidos de la aplicación de la prueba piloto para reducir el tiempo de paro para el cambio de estrella rectificadora en la máquina rectificadora tangencial

en stock la estrella rectificadora a cambiar en la máquina cuando ésta se requiera.

Tercera etapa: Perfeccionar las tareas internas y externas

Esta última etapa consistió en mejorar los

Actividad	Ejecutante	Tiempo	Tipo de actividad
Aflojar tornillo de estrella rectificadora	Preparador o auxiliar	1 min 0 seg	Externa
Quitar perno portaestrellas remover estrellas desgastadas	Preparador o auxiliar	1 min 0 seg	Externa
Cortar perno para estrellas nuevas	Preparador o auxiliar	3 min 0 seg	Externa
Poner estrellas nuevas	Preparador o auxiliar	1 min 30 seg	Externa
Apretar tornillo de estrella rectificadora	Preparador o auxiliar	1 min 0 seg	Externa
Tiempo promedio de paro por actividad externa		7 min 30 seg	

Tabla 4. Nuevas actividades para el preparador o auxiliar en un cambio de estrella rectificadora.

Actividad	Ejecutante	Tiempo promedio	Tipo de actividad
Aflojar tornillo portaestrella rectificadora y desmontar estrella rectificadora	Operario	1 min 0 seg	Interna
Transportar estrella rectificadora al banco de trabajo	Operario	0 min 25 seg	Interna
Transportar estrella rectificadora de banco de trabajo a rectificadora	Operario	0 min 25 seg	Interna
Montar estrella rectificadora y apretar tornillo portaestrella rectificadora	Operario	1 min 0 seg	Interna
Ajustar estrella rectificadora	Operario	0 min 40 seg	Interna
Tiempo promedio de paro por actividad interna		3 min 30 seg	

Tabla 5. Nuevas actividades para el operario en un cambio de estrella rectificadora.

215 del área de rectificado, fueron favorables. Para ilustrar estos resultados se tomaron tiempos de realización de las actividades internas y externas durante una semana de trabajo. La tablas 4 y 5 muestran las nuevas actividades con sus respectivos tiempos, en el orden en que

deben ejecutarse en cada cambio de estrella rectificadora.

El método utilizado en esta aplicación redujo considerablemente la causa de paro principal de la empresa de la máquina rectificadora tangencial 215: cambio de estrella rectificadora, en un 72.72%, ya que

el tiempo de paro antes de utilizar SMED era de 12 minutos y 50 segundos y después de aplicar SMED el tiempo se redujo a 3 minutos y 30 segundos. Este resultado proporciona un mayor tiempo de uso de esta máquina rectificadora tangencial 215, y por consiguiente, como Imai (1992) escribiera, una mejora en el proceso que puede ayudar a obtener una ventaja competitiva, si ésta continua en otras áreas del proceso.

Conclusiones

La técnica SMED es una herramienta de gran ayuda para la reducción de tiempos. Por este motivo, en la empresa se aplicó este procedimiento a cada una de sus 10 máquinas de rectificado, logrando un gran impacto en la reducción de sus tiempos de paro y, por consiguiente un aumento en su producción, con una inversión mínima.

Es necesario recalcar que es recomendable, para lograr el éxito de SMED, que se mantenga una plena comunicación con el personal y se continúe con las reuniones, con el objeto de retroalimentar el área y ver la posibilidad de comenzar la utilización de esta herramienta en otra área de la empresa. 

Bibliografía

Aguilar, Alberto. *Propuesta para implementar un sistema de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en la empresa Tenerías Unidad S.A. de C.V., ubicada en la ciudad de Orizaba, Ver.* Tesis de Maestría, Asesor: Fernando Ortiz Flores. Instituto Tecnológico de Orizaba, 1999.

Shingo Shigeo, *Una revolución en la producción: El sistema SMED*, 2da. edición. Ed. Productivity Press. Madrid, 1990.

Imai, Masaaki, *KAIZEN La clave de la ventaja competitiva japonesa*. 1a. ed. Ed. C.E.C.S.A. México, 1992.

