

Capítulo 3.- EI SISTEMA SMED

Capítulo 3

El sistema (Single Minute Exchange of Die) SMED

Se ha definido el SMED como la teoría y técnicas diseñadas para realizar las operaciones de cambio de utillaje en menos de 10 minutos.

“Es importante señalar que puede no ser posible alcanzar el rango de menos de diez minutos para todo tipo de preparaciones de máquinas, pero el SMED reduce dramáticamente los tiempos de cambio y preparación en casi todos los casos. La reducción de los tiempos de estas operaciones beneficia considerablemente a las empresas”. (Ing. Francis Paredes R. Consultor asociado al CDI)

3.2.- Antecedentes de SMED

El sistema SMED nació por la necesidad de lograr la producción JIT (just in time), uno de las piedras angulares del sistema Toyota de fabricación y fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, intentando hacer lotes de menor tamaño (Esto significa que pueden satisfacer las necesidades de los clientes con productos de alta calidad y bajo costo, con rápidas entregas sin los costos de stocks excesivos).

Partiendo de las ideas y conceptos generados por Shigeo Shingo, las cuales permitieron hacer realidad el “Just in Time” como revolucionario sistema de producción, mediante la reducción a un dígito de minuto del tiempo necesario para cambiar las herramientas o preparar éstas a los efectos del siguiente proceso de producción, se hizo posible reducir a su mínima expresión los niveles de inventario, volviendo más flexibles los procesos productivos, reduciendo enormemente los costos e incrementando los niveles de productividad.

Ahora era menester; partiendo de tal filosofía y, haciendo uso tanto de herramientas estadísticas, métodos de análisis e investigación, sistemas para la resolución de problemas y, la creatividad aplicada; generar un sistema más amplio que no sólo tuviera en consideración los procesos productivos de bienes correspondientes a diversas actividades, sino también los tiempos de preparación y cambio de herramientas vinculados a las actividades de servicios.

Esta nueva óptica o forma de ver los procedimientos parte de la necesidad imperiosa de no amoldarse sólo a los procesos tradicionales objetos de análisis por parte de Shingo, los cuales estuvieron por sobre todas las cosas vinculadas a labores y actividades metal-mecánicas, dado su especial interés en principio en la producción automotriz (*Sistema de Producción Toyota / "Just in Time*).

<http://www.ilustrados.com/publicaciones/#superior> autor: Mauricio Lefcovich consultado sep/2006

3.3.- SMED como herramienta para reducir los tiempos de preparación.

Cuando de cambio de herramientas o tiempos de preparación se trata, no sólo cuenta el efecto que ello tiene en los costos vinculados con dichas tareas específicas, los tiempos muertos de producción, el tamaño de los lotes, los excesos de inventarios de productos en procesos y productos terminados, los plazos de entrega y tiempo del ciclo, sino también el prestar mejores servicios, aumentar la cantidad de operaciones y mejorar la utilización de la capacidad productiva.

Tanto si se trata de mejorar los tiempos de preparación de un avión en las escalas técnicas o entre un vuelo y otro, cómo en el caso de los tiempos de preparación y acondicionamiento de un quirófano entre una cirugía y la siguiente, el tiempo es una variable esencial, la cual debe ser gestionada con suma atención dada la fundamental trascendencia que ella tiene tanto para la satisfacción de los clientes / consumidores, como en la rentabilidad del negocio.

En contra de los pensamientos tradicionales el Ingeniero japonés Shigeo Shingo señaló que tradicional y erróneamente, las políticas de las empresas en cambios de herramientas, se han dirigido hacia la mejora de la habilidad de los operarios y pocos han llevado a cabo estrategias de mejora del propio método de cambio.

El éxito de este sistema comenzó en Toyota, consiguiendo una reducción del tiempo de cambios de matrices de un periodo de una hora y cuarenta minutos a tres minutos.

Su necesidad surge cuando el mercado demanda una mayor variedad de producto y los lotes de fabricación deben ser menores; en este caso para mantener un nivel adecuado de competitividad, o se disminuye el tiempo de cambio o se siguen haciendo lotes grandes y se aumenta el tamaño de los almacenes de producto terminado, con el consiguiente incremento de los costos. Esta técnica está ampliamente validada y su implantación es rápida y altamente efectiva en la mayor parte de las máquinas e instalaciones industriales.

En el pasado, muchas empresas lograron vivir por décadas fabricando siempre el mismo artículo, en el mercado actual, hoy por hoy, demanda productos con un nivel de complejidad cada vez mayor, y se ve caracterizado por lotes pequeños de producción, menor tiempo de respuesta y reducción de costos.

Es aquí donde SMED juega un papel muy importante, ya que permite hacer ajustes y cambios de herramientas en tiempos que en el pasado se antojaban imposibles.

Los clientes tienden a hacer sus pedidos ya no en grandes cantidades de una misma parte, sino con variedad y diversidad. Asimismo, el tiempo total desde la confirmación del pedido hasta su entrega debe ser cada vez más corto.

En cuestión de costos, los productores no pueden reducir sus precios bajo un esquema de guerra de precios sin afectar o poner en riesgo la estabilidad del negocio. Por el contrario, se debe ofrecer una disminución de precios con base en las reducciones en los costos de operación, sin alterar el equilibrio y el retorno de la inversión, peso por peso, de la compañía. Esto implica trabajar con mayor productividad y fabricar productos al nivel más económico posible, sin afectar las especificaciones ni estándares de diseño y producción.

Ahora bien, partiendo de que la flexibilidad de operación depende, en gran medida, de la capacidad que tiene el sistema de producir, de una manera ágil y económica, productos y servicios en el menor tiempo de respuesta posible, existen tres alternativas para lograrlo: Cantidad económica a manufacturar, lote económico y SMED.

En la primera de ellas, para que el costo de producción disminuya, se debe elaborar una gran cantidad de productos durante cada cambio de trabajo. En el caso de la técnica del lote económico, es necesario determinar el punto de equilibrio “económico” entre una corrida larga de producción y los costos asociados, como el costo total de inventario y el costo total de set up.

La tercera y última alternativa, denominada SMED, reduce drásticamente el tiempo total de set up, por lo que, el costo asociado al cambio de trabajo se vuelve mínimo. Bajo esta perspectiva, podemos concluir que mientras el costo de preparación sea más bajo (tendiente a cero), la implicación de cambios de trabajo no tendrá impacto en el sistema de operación; es por ello que al SMED se le considera un factor de esencial competencia.

Shingo, Shigeo, *The SMED system I: Theory and conceptual stages*, Japan: Cambridge, MA and Norwalk, CT, 1987, Pag. (4,8-9).

3.4.- Las condiciones para implementar SMED

Existe una serie de condiciones fundamentales a los efectos de poder disminuir los tiempos de preparación, siendo ellas las siguientes:

1. Tomar conciencia de la importancia que tiene para la empresa y sus actividades la disminución de los tiempos de preparación.
2. Hacer tomar conciencia de la problemática a los empleados, y prepararlos mediante la capacitación y el entrenamiento a los efectos de incrementar la productividad y reducir los costos mediante la reducción en los tiempos de preparación.
3. Hacer un cambio de paradigmas, terminando con las creencias acerca de la imposibilidad de disminuir radicalmente los tiempos de preparación.
4. Cambiar la manera de pensar de los directivos y profesionales acerca de las técnicas y medios para el análisis y mejora de los procedimientos. Se debe dejar de estar pendiente de métodos ya construidos, para pasar a crear sus propios métodos. Cada actividad, cada máquina, cada instrumento, tienen sus propias y especiales características que las hacen únicas y diferentes, razón por la cual sólo se puede contar con un esquema general y una capacidad de creatividad aplicada a los efectos de dar o encontrar solución a los problemas atinentes a la reducción en los tiempos de preparación.

Dar importancia clave a la reducción de los tiempos, tanto de preparación, cómo de proceso global de la operación productiva, dado sus notorios efectos sobre la productividad, costos, cumplimiento de plazos y niveles de satisfacción. Por ésta razón se constituye su tratamiento en una cuestión de carácter estratégico.

3.5.- Cambio de utillaje o herramienta en una máquina

Es el conjunto de operaciones que se desarrollan por los operadores desde que se detiene la máquina para proceder al cambio de lote hasta que la máquina empieza a fabricar la primera unidad del siguiente producto en las condiciones especificadas de tiempo y calidad. El intervalo de tiempo correspondiente es el tiempo de cambio.

La misma gente que realiza el trabajo y los operadores que por vez primera se ven involucrados en el proceso son los que en realidad encuentran soluciones simples, lógicas y alcanzables para reducir el tiempo de paro en los equipos. Se buscan las oportunidades y se aplican remedios, generalmente de bajo costo, que contribuyen a abreviar el proceso.

http://www.manufacturaweb.com/nivel2.asp?pge=9&cve=81_26 Por: Juvencio Roldán Rivas consultado Sep/2006

Un aspecto muy importante en esta reducción de tiempos es nunca sacrificar la seguridad personal de los trabajadores, la seguridad de funcionamiento de la máquina ni la calidad del producto.

También se vuelve indispensable asegurar que todas las personas que han de participar en el set up, y que por cierto deben incluir al menos un operador del equipo, reciban toda la información y entrenamiento necesarios.

Los casos se repiten una y otra vez, por lo tanto, es vital hacer énfasis en la importancia de permanecer competitivos. El increíble poder de estas herramientas está a nuestro alcance.

3.5.1.- Aplicación de SMED

Esta técnica permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de utillaje necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro. Algunos de los beneficios que aporta esta herramienta son:

- Reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo.
- Reducir el tamaño del inventario.
- Reducir el tamaño de los lotes de producción.
- Producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción.

Esta mejora en el acortamiento del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no tan sólo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda. Al permitir la reducción en el tamaño de lote colabora en la calidad ya que al no existir stocks innecesarios no se pueden ocultar los problemas de fabricación.

Algunos de los tiempos que tenemos que eliminar aparecen como despilfarros habitualmente de la siguiente forma:

- Los productos terminados se trasladan al almacén con la máquina parada.
- El siguiente lote de materia prima se trae del almacén con la máquina parada.
- Las cuchillas, moldes, matrices, no están en condiciones de funcionamiento.
- Algunas partes que no se necesitan se llevan cuando la máquina todavía no está funcionando.
- Faltan tornillos y algunas herramientas no aparecen cuando se necesitan durante el cambio.
- El número de ajustes es muy elevado y no existe un criterio en su definición.

El SMED, asociado al proceso de mejora continua, va a tratar de eliminar todos estos desperdicios.

Herramientas a utilizar en SMED.

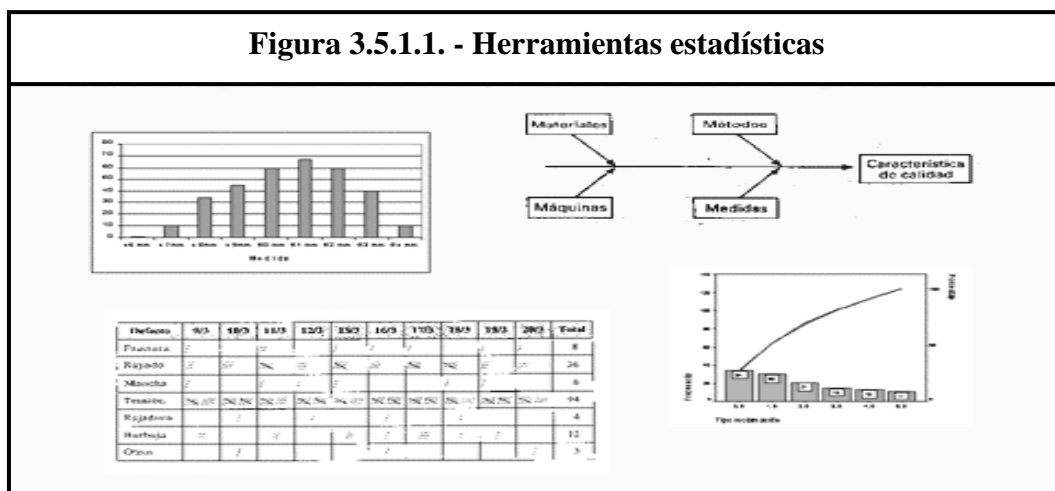
El secreto no pasa por las herramientas, sino por la manera en que éstas son utilizadas e interrelacionadas entre sí a los efectos de lograr los resultados. Además son necesarias tanto disponer de aptitud y actitud para realizar la tarea, aparte de disciplina se debe tener capacidad de observación y análisis, creatividad y voluntad de cambio. Las herramientas son:

- **Utilización de cronómetro:** Medir el tiempo en sus fracciones mas pequeñas
- **Gráfica de Gantt:** Esta gráfica sirve para la planificación y control de una serie de actividades descritas para un período determinado.
- **Cursograma / fluxograma:** Gráfica que muestra el flujo y número de operaciones secuenciales de un proceso o procedimiento para generar un bien o un servicio.
- **Planilla de relevamiento:** Encuesta o formulario de liberación de la carga de trabajo de un proceso.
- **Planilla de análisis y mejora:** Encuesta o formulario de eventos en un proceso para el análisis y mejora del mismo.
- **Diagrama de Pareto:** Herramienta gráfica en la cual se representa la frecuencia para un conjunto de causas ordenadas desde la más significativa hasta la menos significativa.
- **Camino Crítico:** Es una secuencia de actividades conectadas, que conduce del principio del proyecto al final del mismo, por lo que aquel camino que requiera el mayor trabajo, es decir, el camino más largo dentro de la red, viene siendo la ruta crítica o el camino crítico de la red del proyecto.
- **Control Estadístico de Procesos (SPC):** Es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos.
- **Histogramas:** Es una representación gráfica de una variable frente a otra, en forma de barras, donde la altura o eje vertical es proporcional a los valores

producidos, y la anchura o eje horizontal a los intervalos o valores de la clasificación.

- **Medias – Modas – Medianas:** Son las medidas de tendencia central más usuales a) media aritmética (\bar{x}), el valor medio. b) mediana, el valor central. c) moda, el valor más frecuente.
- **Diagrama de Ishikawa:** Técnica de análisis de causa y efectos para la solución de problemas, relaciona un efecto con las posibles causas que lo provocan.
- **Análisis Inverso:** Metodología o herramienta de gestión que partiendo del resultado u objetivo al cual se quiere llegar, procede a analizar cuales son los factores o causas de las cuales depende dicho resultado,
- **Diagrama del Proceso de Operación:** Diagramas que emplean símbolos gráficos para representar los pasos o etapas de un proceso. También permiten describir la secuencia de los distintos pasos o etapas y su interacción.
- **Benchmarking:** Se define como el proceso continuo de mejora de productos, servicios y métodos con respecto al competidor más fuerte o aquellas compañías consideradas líderes.

Cómo se dijo al principio, no hay secretos, el único secreto está en la manera de combinar los componentes para lograr los objetivos.



3.6.- Funcionamiento de SMED

Para entender la importancia de esta técnica con un ejemplo sencillo podemos plantearnos que, en nuestro caso y como conductores, cambiar una rueda de nuestro vehículo en 15 minutos es aceptable, sin embargo la elevada competencia y la continua pugna por el ahorro de tiempos ha llevado a los preparadores de Fórmula uno a hacer ese cambio en siete segundos.

Como caso genérico partiremos de la base de que con esta técnica puede reducirse el tiempo de cambio un 50% sin inversiones importantes.

Para ello Shigeo Shingo en 1950 descubrió que había dos tipos de operaciones al estudiar el tiempo de cambio en una prensa de 800 tns:

- Operaciones Internas: aquellas que deben realizarse con la máquina parada.
- Operaciones Externas: pueden realizarse con la máquina en marcha.

El objetivo es analizar todas estas operaciones, clasificarlas, y ver la forma de pasar operaciones internas a externas, estudiando también la forma de acortar las operaciones internas con la menor inversión posible.

Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas. El objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, de tal forma que se vaya perfeccionando el método y forme parte del proceso de mejora continua de la empresa.

Shigeo, Shingo, El Sistema de Producción TOYOTA desde el punto de vista de la ingeniería, 3rd Edition, Productivity Press, Madrid 1989 (90-107)

La aplicación de sistemas de cambio rápido de herramienta se convierte en una técnica de carácter obligado en aquellas empresas que fabriquen series cortas y con gran diversidad de referencias. Tradicionalmente el tamaño de los lotes ha sido el siguiente:

- Lote pequeño: 500 piezas o menos.
- Lote medio: 501-5000 piezas.
- Lote grande: Más de 5000 piezas.

Actualmente se exigen lotes pequeños y la frecuencia de entregas es menor. En ocasiones se produce en exceso para evitar defectuosos, aumentando los inventarios.

3.7.- Metodología de aplicación de SMED

Etapas conceptuales

La implantación del proyecto SMED consta de cuatro etapas.

Tabla 3.7.1. - Etapas

| <u>ETAPAS</u> | <u>ACTUACIÓN</u> |
|---------------------|---|
| 1.-Etapa preliminar | Estudio de la operación de cambio |
| 2.-Primera etapa | Separar tareas internas y externas |
| 3.-Segunda etapa | Convertir tareas internas en externas |
| 4.-Tercera etapa | Perfeccionar las tareas internas y externas |

1.- Etapa preliminar

Lo que no se conoce no se puede mejorar, si puede filmar el procedimiento hágalo, y se dará cuenta del sinnúmero de movimientos inútiles, paseos, distracciones, etcétera, en que incurren los operarios.

Pueden tomar hasta 40 minutos buscando por toda la planta una llave Allen, otro tanto localizando los tornillos en el almacén o hasta un troquel en los racks, afilando las piezas necesarias o llenando formatos de calidad y producción. Todo esto mientras el equipo permanece detenido esperando a que el operador se decida a empezar el desmontaje de las herramientas usadas por el artículo anterior y el acoplamiento de las que se necesitan para el que viene. Por ello en esta etapa se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades:

- Registrar los tiempos de cambio:
 - Conocer la media y la variabilidad.
 - Escribir las causas de la variabilidad y estudiarlas.
- Estudiar las condiciones actuales del cambio:
 - Análisis con cronómetro.
 - Entrevistas con operarios (y con el preparador).
 - Grabar en vídeo.
 - Mostrarlo después a los trabajadores.
 - Sacar fotografías.

Esta etapa es más útil de lo que se cree, y el tiempo que invirtamos en su estudio puede evitar posteriores modificaciones del método al no haber descrito la dinámica de cambio inicial de forma correcta.

2.- Primera etapa: Separar las tareas internas y externas

En esta fase. Primero será necesario realizar un listado de las actividades secuenciales realizadas durante el set up, para poder identificar cuáles son internas (realizadas durante un paro de máquina) y externas (ejecutadas durante la operación normal de la máquina). Se detectan problemas de carácter básico que forman parte de la rutina de trabajo:

- Se sabe que la preparación de las herramientas, piezas y útiles no debe hacerse con la máquina parada, pero se hace.
- Los movimientos alrededor de la máquina y los ensayos se consideran operaciones internas.

Es muy útil realizar una lista de comprobación con todas las partes y pasos necesarios para una operación, incluyendo nombres, especificaciones, herramientas, parámetros de la máquina, etc. A partir de esa lista realizaremos una comprobación para asegurarnos de que no hay errores en las condiciones de operación, evitando pruebas que hacen perder el tiempo.

3.- Segunda etapa: Convertir tareas internas en externas

La idea es que al tiempo en el cual el sistema no está produciendo, es decir, no agrega valor, se le considera como desperdicio; por lo tanto, se requiere de su eliminación. En esta etapa es necesario hacer una revisión minuciosa de las actividades internas, para poder hacer la conversión pertinente y así ganar más tiempo productivo es decir, hacer todo lo necesario en preparar troqueles, matrices, punzones, etc, fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando ésta se pare se haga el cambio necesario, de modo de que se pueda comenzar a funcionar rápidamente.

- Reevaluar para ver si alguno de los pasos está erróneamente considerado como interno.
- Prerreglaje de herramientas.

- Eliminación de ajustes: las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación. Esto significa que se tarda un tiempo en poner a andar el proceso de acuerdo a la nueva especificación requerida.

Los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles, pero una vez hecho el cambio se demora un tiempo en lograr que el primer producto bueno salga bien. Se llama ajuste en realidad a las no conformidades que a base de prueba y error van llegando hasta hacer el producto de acuerdo a las especificaciones (además se emplea una cantidad extra de material).

Partiremos de la base de que los mejores ajustes son los que no se necesitan, por eso se recurre a fijar las posiciones. Se busca recrear las mismas circunstancias que la de la última vez. Como muchos ajustes pueden ser hechos como trabajo externo se requiere fijar las herramientas. Los ajustes precisan espacio para acomodar los diferentes tipos de matrices, troqueles, punzones o utillajes por lo que requiere espacios standar.

4.- Tercera etapa: perfeccionar las tareas internas y externas

El objetivo de esta etapa es perfeccionar los aspectos de la operación de preparación, incluyendo todas y cada una de las operaciones elementales (tareas externas e internas).

La optimización de las operaciones internas y externas restantes, aun las reducciones obtenidas en las etapas previas pueden ser mejoradas. Esta labor es de alto nivel de detalle y, aunque también requiere de mucha imaginación y del diseño de dispositivos y elementos de sujeción novedosos. De hecho, la mayor

parte de los equipos con los que se logra esta mejora se encuentran estandarizados en el mercado.

En este paso, las mínimas actividades internas que quedan pueden ser aminoradas y las demás, aunque sean externas, también pueden mejorar.

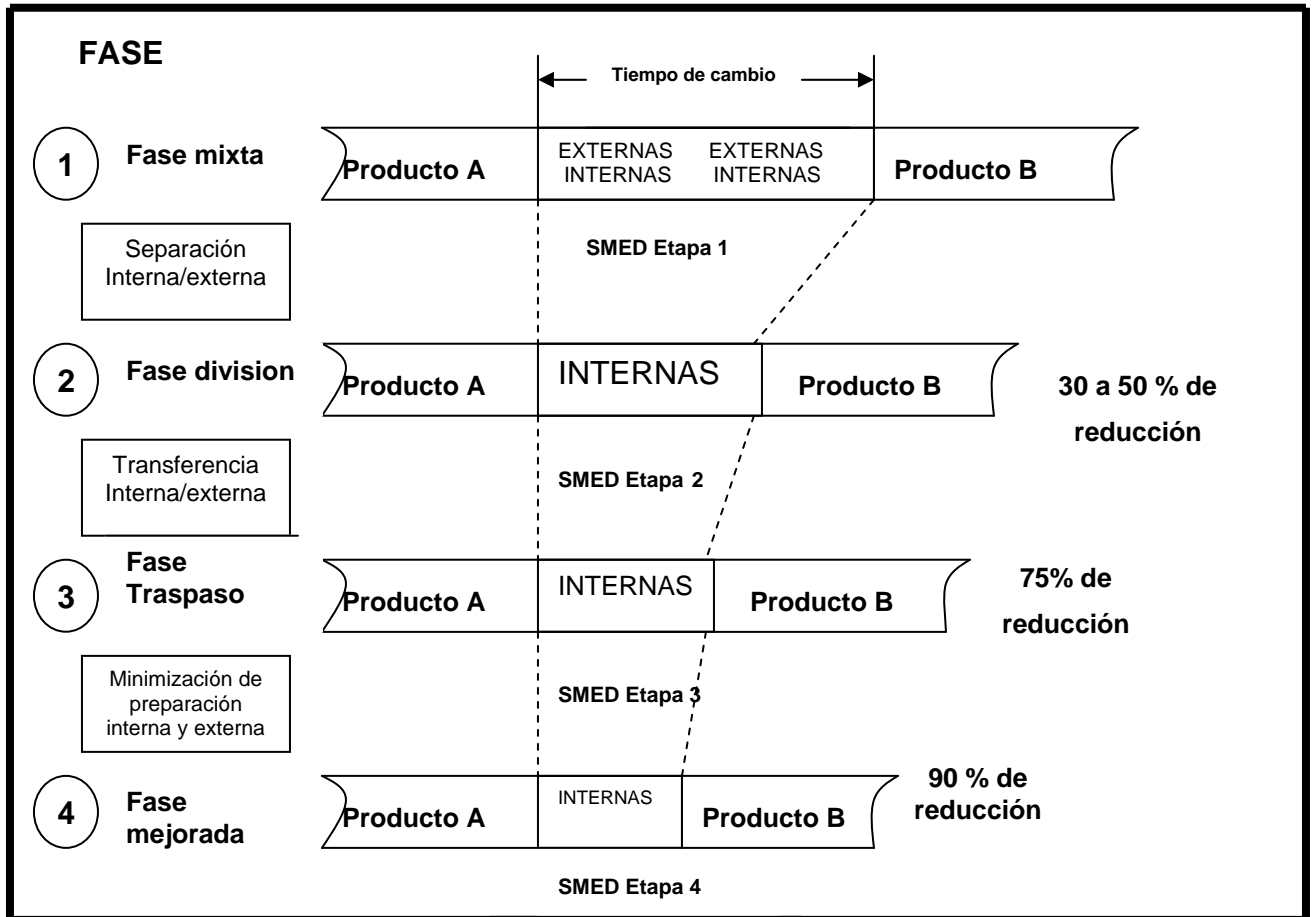


Figura 3.7.1 4 Fases para reducir el tiempo de cambio

<http://www.cdi.org.pe/gifs/temas/smed.jpg-micro>

autor Ing. Francis Peredes R.

El SMED cambia el supuesto de que los cambios de útiles / preparaciones requieren mucho tiempo. El concepto consiste en conocer las actividades de “Set-up” interno y Set-up” Externo. Cuando los cambios de útiles pueden hacerse rápidamente, se hacen si es necesario. Esto significa que las empresas pueden producir en pequeños lotes, lo que tiene muchas ventajas:

Flexibilidad: las empresas pueden satisfacer cambiantes demandas de clientes sin necesidad de mantener grandes stocks.

Entregas rápidas: la producción en pequeños lotes significa plazos de fabricación más cortos, y menos tiempo de espera para los clientes.

Productividad más elevada: tiempos de preparación y cambios de útiles más cortos reducen los tiempos de parada de los equipos, lo que eleva las tasas de productividad.

<http://www.cdi.org.pe/gifs/temas/smed.jpg-micro> autor Ing. Francis Peredes R.

Algunas de las acciones encaminadas a la mejora de las operaciones internas más utilizadas por el sistema SMED son:

- Implementación de operaciones en paralelo:

Estas operaciones que necesitan más de un operario ayudan mucho a acelerar algunos trabajos. Con dos personas una operación que llevaba doce minutos no será completada en seis, sino quizás en cuatro, gracias a los ahorros de movimiento que se obtienen. El tema más importante al realizar operaciones en paralelo es la seguridad

- Utilización de anclajes funcionales:

Son dispositivos de sujeción que sirven para mantener objetos fijos en un sitio con un esfuerzo mínimo.

Todas estas etapas culminan en la elaboración de un procedimiento de cambio que pasa a formar parte de la dinámica de trabajo en mejora continua de la empresa y que opera de acuerdo al siguiente esquema iterativo de trabajo:

1. Elegir la instalación sobre la que actuar.
2. Crear un equipo de trabajo (operarios, jefes de sección, otros).
3. Analizar el modo actual de cambio de herramienta. Filmar un cambio.
4. Reunión del equipo de trabajo para analizar en detalle el cambio actual.

5. Reunión del equipo de trabajo para determinar mejoras en el cambio:

- Clasificar y transformar operaciones Internas en Externas.
- Evitar desplazamientos, esperas y búsquedas, situando todo lo necesario al lado de máquina.
- Secuenciar adecuadamente las operaciones de cambio.
- Facilitar útiles y herramientas que faciliten el cambio.
- Secuenciar mejor las órdenes de producción.
- Definir operaciones en paralelo.
- Simplificar al máximo los ajustes.

6. Definir un nuevo modo de cambio.

7. Probar y filmar el nuevo modo de cambio.

8. Afinar la definición del cambio rápido, convertir en procedimiento.

9. Extender al resto de máquinas del mismo tipo.

(Los pasos 7 a 9 son recursivos. El tiempo de cambio se puede ir acortando por fases).

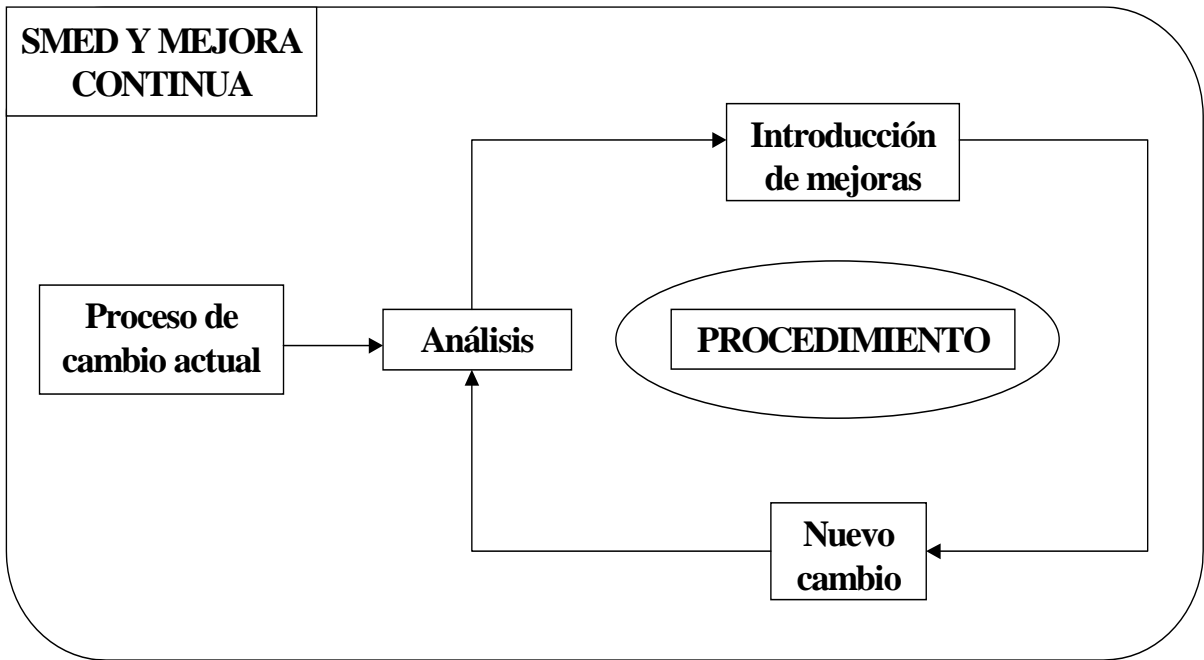


Figura 3.7.2.- SMED Y MEJORA CONTINUA