



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PROYECTO SMED: APLICACIÓN REAL DE TÉCNICAS DE CAMBIO RÁPIDO EN EL ENTORNO LEAN MANUFACTURING.

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FINAL DEL REALIZADO POR

David Martínez Mares

TUTORIZADO POR

Casto S. Bolumar Latorre

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

Índice:

Bloque I: Memoria.	8
1.OBJETIVO.	8
2. ANTECEDENTES O MOTIVACIÓN.	8
3. JUSTIFICACIÓN.	11
3.1 Justificación técnica	11
3.2 Justificación académica.....	11
4. ALCANCE DEL PROYECTO.	11
5. DESARROLLO DE LA MEMORIA	11
6. MARCO TEÓRICO.	12
6.1 Lean Manufacturing.....	12
6.2 SMED.....	14
6.2.1 Definición.....	14
6.2.2 Efectos del SMED.	15
6.2.3 Conceptos previos.....	16
6.2.4 Metodología SMED.....	17
7. IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO SMED EN M-41	21
7.1 Pasos previos al inicio de mejora SMED.....	21
7.2 Identificar y separar operaciones internas y externas.	24
7.3 Convertir operaciones internas en externas.	26
7.3.1 Ordenes de fabricación y pautas/útiles de control de calidad.....	26
7.3.2 Mesa-pulmón.....	29
7.4 Organizar operaciones externas.....	31
7.4.1 5's herramientas y útiles de control.....	31
7.4.2 Reubicación de matrices.....	33
7.5 Reducir tiempos de operaciones internas.....	34
7.5.1 Salida de aire.....	34
7.5.2 Rampa de salida de pieza.	36
7.5.3 Adaptación a SMED de las matrices 231 y 78.	40
7.6 Estándar de SMED M-41.	41
8. IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO SMED EN M-76.	45
8.1 identificar y separar operaciones en internas y externas.	46
8.2 Convertir operaciones internas en externas	48
8.2.1 Órdenes de fabricación y pautas/útiles de control.	48
8.3 Organizar operaciones externas.....	51
8.4 Reducir tiempos de operaciones internas.....	51
8.4.1 Mejora del sistema de apriete del sensor de avance de bobina.	51
8.4.2 Apoyo SMED.	52
8.5 Estándar SMED M-76.....	55
9. KPI'S SMED.	58
10. RESULTADOS.	63
11. CONCLUSIONES.	67

Bloque II: Pliego de condiciones.	69
1. INTRODUCCIÓN.....	69
2. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN.	69
2.1 Descripción.....	69
2.2 Control.	69
Bloque III: Presupuestos.	70
1. INTRODUCCIÓN.	70
2. PRESUPUESTO M-41.	71
3. PRESUPUESTO M-76.	72
4. VALORACIONES.	73
5. CONCLUSIONES.	74
Bloque IV: Referencias.	75
Bloque V: Planos.	76
1. Esquema del Layout de la planta.....	76

Índice de figuras:

<i>Figura 1. OEE.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2. Proceso productivo desde una óptica Lean. ¡Error! Marcador no definido.</i>	
<i>Figura 3. Tiempo de cambio.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 4. Fases del SMED.</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5. Fases de la metodología SMED.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 6. Ejemplo de PDCA SMED.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 7. Análisis y toma de tiempos del desmontaje.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 8. Análisis y toma de tiempos del montaje.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 9. Proceso de recogida de órdenes previo a proyecto SMED.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10. Mesa de documentación.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 11. Proceso de fichajes después de proyecto SMED.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 12. Mesa-pulmón.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 13. Proceso de recogida de matriz.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14. 5´s herramientas.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 15. Estantería útiles de control.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 16. Reubicación de matrices.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17. Salida de aire previo a la mejora.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 18. Salida de aire después de la mejora.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 19. Rampa de salida de pieza en M-41. ¡Error! Marcador no definido.</i>	
<i>Figura 20. Medidas de matrices.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 21. Rampa fija en matriz.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 22. Funcionamiento de rampa.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 23. Cinta de salida de pieza.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 24. Nueva rampa de salida de pieza.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 25. Estánda de desmontaje M-41.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 26. Estándar de montaje M-41.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 27. Prensa excéntrica M-76.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 28. Toma de tiempos desmontaje M-76.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 29. Toma de tiempo montaje M-76.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 30. Puesto de trabajo previo a implantación del proyecto.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 31. Mesa de documentación M-76.....</i>	<i>49</i>

Figura 33. Tarima previa la implementación del proyecto.	50
Figura 32. Tarimpa posterior a la implementación del proyecto.	50
Figura 34. Brazo de sensor de avance de bobina.	51
Figura 35. Estándar de desmontaje M-76.	56
Figura 36. Estándar de montaje M-76.	57
Figura 37. Ejemplo de plantilla de recogida de datos.	59
Figura 38. KPI's SMED M-41.....	61
Figura 39. Tiempo ahorro SMED.	62

Índice de gráficas:

<i>Gráfica 1. Evolución tiempo de cambio M-41.</i>	41
<i>Gráfica 2. Evolución tiempo de cambio M-76.</i>	53
<i>Gráfica 3. Evolución tiempo de montaje y desmontaje M-41.</i>	64
<i>Gráfica 4. Evolución teimpo de montaje y desmontaje M-76.</i>	65

Índice de tablas:

Tabla 1. Disponibilidad M-41.	66
Tabla 2. Disponibilidad M-76.	66
Tabla 3. Presupuesto M-41.	71
Tabla 4. Estimación ahorro M-41.	71
Tabla 5. Presupuesto M-76.	72
Tabla 6. Estimación ahorro M-76.	73

Bloque I: Memoria.

1.OBJETIVO.

El objetivo del siguiente trabajo es la implementación del proyecto SMED, en la empresa Matrices Alcántra SL., en un entorno Lean Manufacturing para una posterior captura de datos que nos permita analizar los resultados obtenidos, siempre con el objetivo de estandarizar y mejorar continuamente.

Matrices Alcantara SL, es una empresa de estampación de metal en frío en el sector del automóvil. Dispone de un gran parque de maquinaria capaz de fabricar todo tipo de piezas estampadas con prensas excéntricas e hidráulicas de hasta las 500 toneladas.

El objetivo principal del proyecto es el de la reducción de los tiempos de cambio de matrices, en prensas progresivas, para poder ser más eficientes e intentar minimizar los “desperdicios”.

2. ANTECEDENTES O MOTIVACIÓN.

Uno de los principales indicadores de la productividad industrial es el OEE (Eficiencia global de los equipos productivos).

El OEE es un indicador que se calcula diariamente para un equipo o grupos de máquinas que compara las piezas buenas producidas con las piezas que se podrían haber producido de manera ideal.

El OEE lo calculamos con la multiplicación de los siguientes factores:

- Disponibilidad: porcentaje de tiempo en el que la máquina está funcionando respecto al tiempo total disponible.
- Rendimiento: porcentaje de producción realizada respecto a la producción que se podría haber realizado en el tiempo operativo. En este factor contemplamos las pérdidas por tiempos muertos, paradas

menores y pérdidas por una velocidad operativa más baja que la del diseño.

- Calidad: porcentaje de piezas buenas realizadas respecto a la producción total.

Al final, el objetivo del OEE es sacar a la luz las pérdidas que hacen que el resultado final de la producción sea menor que el esperado. En la Figura 1 se puede observar de manera mucho más gráfica el significado del indicador, que es el que al final va a poder mostrar qué resultados hemos obtenido tras el proyecto.

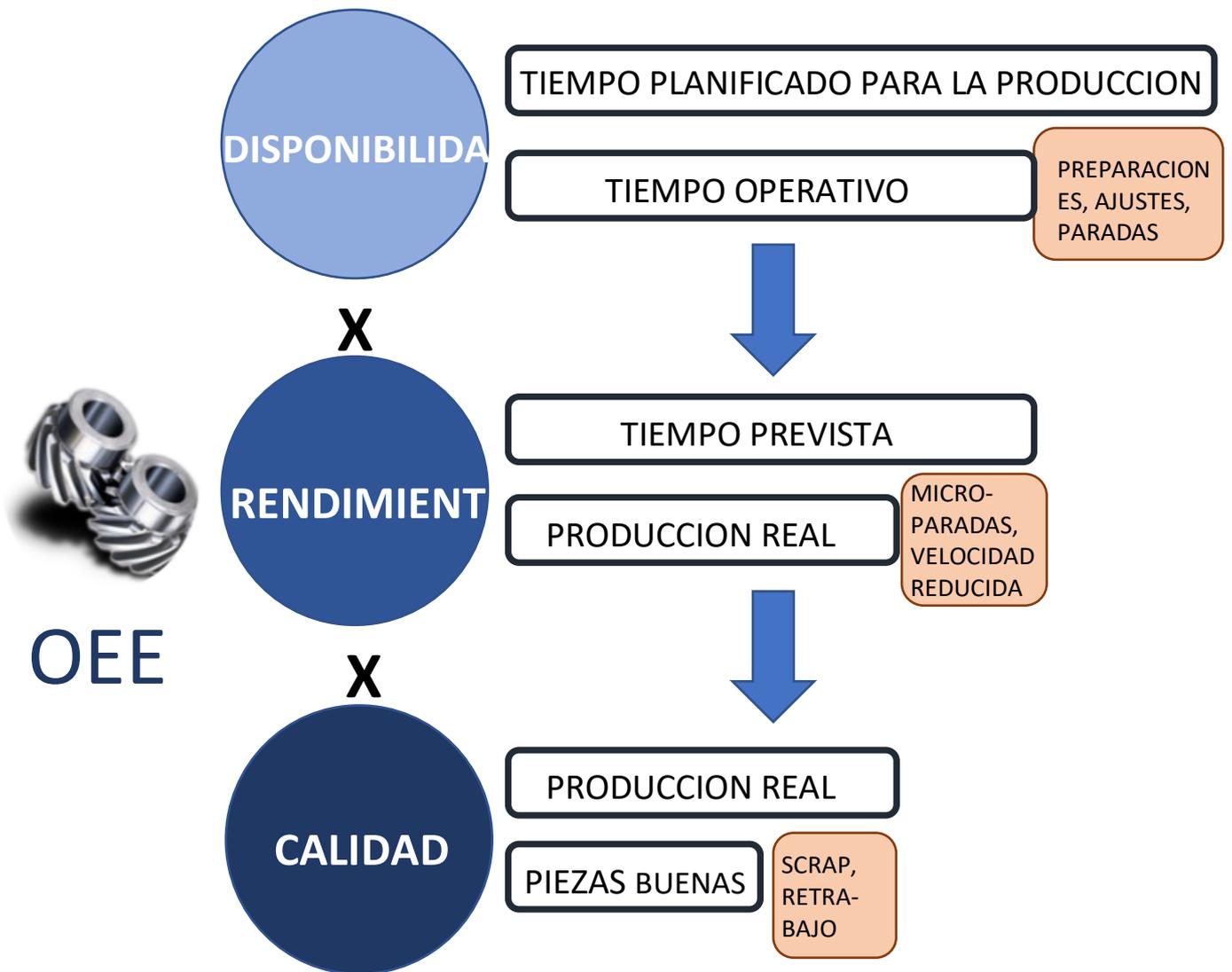


Figura 1. OEE.

Para poder mejorar la productividad es necesario realizar un análisis de los datos del OEE, y así poder detectar donde tenemos más pérdidas y poder atacar nuestro "punto débil" a través de distintos medios. Cabe destacar, que para poder realizar esto, es necesario tener una buena base de datos y datos de calidad que nos muestren lo que sucede en nuestra planta de la manera más fiel a la realidad.

Tras realizar un análisis profundo del OEE de la empresa que nos ocupa, hemos podido sustraer la siguiente conclusión:

- La disponibilidad de las máquinas es el factor con el porcentaje más bajo de los tres. Esto quiere decir que es el campo con mayor margen de mejora y donde se pueden tomar acciones para ser más competitivos.

Una baja disponibilidad puede deberse a distintos motivos como los que se exponen a continuación:

- Averías de máquina: Paradas en la producción debido a fallos inesperados en las prensas y no planificados. Una posible acción para poder mejorar este tema es la mejora del mantenimiento de las prensas.
- Avería de utillaje: Paradas de la producción debido a averías de nuestras matrices. En este caso, para mejorar, se debe optimizar el mantenimiento de los troqueles.
- Paradas logísticas: Son paradas debido a fallos organizativos como puede ser espera a un cambio de la chatarra producida, cambios de bobina de materia prima, falta de embalaje, etc. Para poder mejorar en este aspecto es necesario mejorar la organización del personal de planta, por ejemplo a través de la figura de un Team Leader o dando más recursos de mano de obra indirecta que apoye mejor para que la máquina pare el menor tiempo posible.
- Cambios de matriz: Este es el tiempo que la máquina se encuentra parada debido a un cambio de utillaje en la prensa.

En nuestro caso, donde más pérdidas productivas tenemos es en los cambios de utillaje, es decir, en el tiempo que la máquina está parada por los cambios de matrices en la prensa. Esto es debido a que la empresa tiene un modelo de negocio con lotes de fabricación cortos, para poder tener una elevada flexibilidad. Esto obliga a realizar un elevado número de cambios de utillajes. Los cambios de utillaje suponen un 23% de NOOEE, es decir, un 23% de pérdida de productividad es debido a los cambios de matriz, mientras que la avería de utillaje o de máquina están alrededor del 4%.

Con estos datos, es lógico realizar un proyecto donde podamos mejorar los tiempos de cambio de utillaje y de esta manera mejorar también nuestro OEE y así ser más productivos.

3. JUSTIFICACIÓN.

3.1 Justificación técnica

Tal como se ha explicado en el capítulo 2, la mejora del coeficiente de disponibilidad plantea la necesidad de la realización de un proyecto de mejora en el proceso de cambios de utillaje en prensa. Este proyecto va a permitir reducir el tiempo de parada de máquina y espera debidas a ajustes y fallos organizativos. La reducción de este tiempo no productivo repercute directamente en un aumento de los beneficios debido al aumento del tiempo operativo de máquina.

3.2 Justificación académica.

El TFG es un trabajo indispensable para poder obtener el Título de ingeniería mecánica en la universidad politécnica de Valencia.

4. ALCANCE DEL PROYECTO.

El proyecto se va a implantar en dos prensas excéntricas a las cuales llamaremos M-41 y M-76. Se han elegido estas dos prensas porque suponen dos casuísticas diferentes y en ellas se ha aplicado la misma metodología y se observará que con distintos tipos de mejoras, en función del tipo de prensa, podemos obtener un resultado similar.

5. DESARROLLO DE LA MEMORIA

En primer lugar en el capítulo 6 se establecen los fundamentos teóricos del SMED dentro del marco modelo de fabricación Lean Manufacturing.

En el capítulo 7 y 8 se explicará la aplicación práctica de la metodología SMED explicada en el marco teórico.

En el capítulo 9 se mostrarán los KPI's del proyecto y por último en los capítulos 10 y 11 se espondrán los resultados obtenidos y la conclusión.

6. MARCO TEÓRICO.

6.1 Lean Manufacturing.

Actualmente las empresas industriales se enfrentan al reto de buscar e implantar nuevas técnicas organizativas y de producción que les permita competir en un mercado global. El modelo de fabricación ajustada, conocido como Lean Manufacturing, constituye una alternativa consolidada y su aplicación y potencial deben ser tomados en consideración por toda empresa que pretenda ser competitiva.

El Lean Manufacturing tiene su origen en el sistema de producción Just in Time (JIT) desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística Toyota. Con la extensión del sistema a otros sectores y países, se ha ido configurando un modelo que se ha convertido en el paradigma de los sistemas de mejora de la productividad, asociada a la excelencia industrial.

De manera muy resumida se puede definir como una nueva filosofía de gestión que busca dos objetivos principales:

- Reducir/eliminar despilfarro en procesos y actividades
- Generar valor para el cliente.

Y es que el éxito de la aplicación de las técnicas logístico-productivas de las empresas consideradas "World-Class Manufacturing" radica fundamentalmente en el análisis, evaluación y erradicación de actividades de no valor añadido y constituyen la esencia de la fabricación Lean Manufacturing.

Se consideran actividades de no valor añadido a todas aquellas actuaciones que se hacen en la empresa que consumen recursos y no proporcionan valor a ojos del cliente.

Aquí empezaremos a poder observar todas nuestras actividades desde una óptica Lean. ¿Mi proceso añade valor? En caso de que no añada valor, ¿Puedo eliminarlo o reducirlo?. Esta forma de ver las acciones nos exigirán una nueva forma de organizar y explotar de forma eficiente los recursos y medios de producción. En la figura 2 nos ayuda de manera gráfica a poder analizar todos nuestros procesos productivos desde una óptica Lean, siempre pensando si la operación me añade valor o no y como la puedo reducir/eliminar todo aquello que no me aporta valor y que solo me consume recursos.

En todo proceso productivo tenemos una entrada (personal, equipos, instalaciones, herramientas, etc), una actividad y una salida. ¿Esa salida es de utilidad? ¿Hemos convertido nuestra inversión en valor o en desperdicio?.

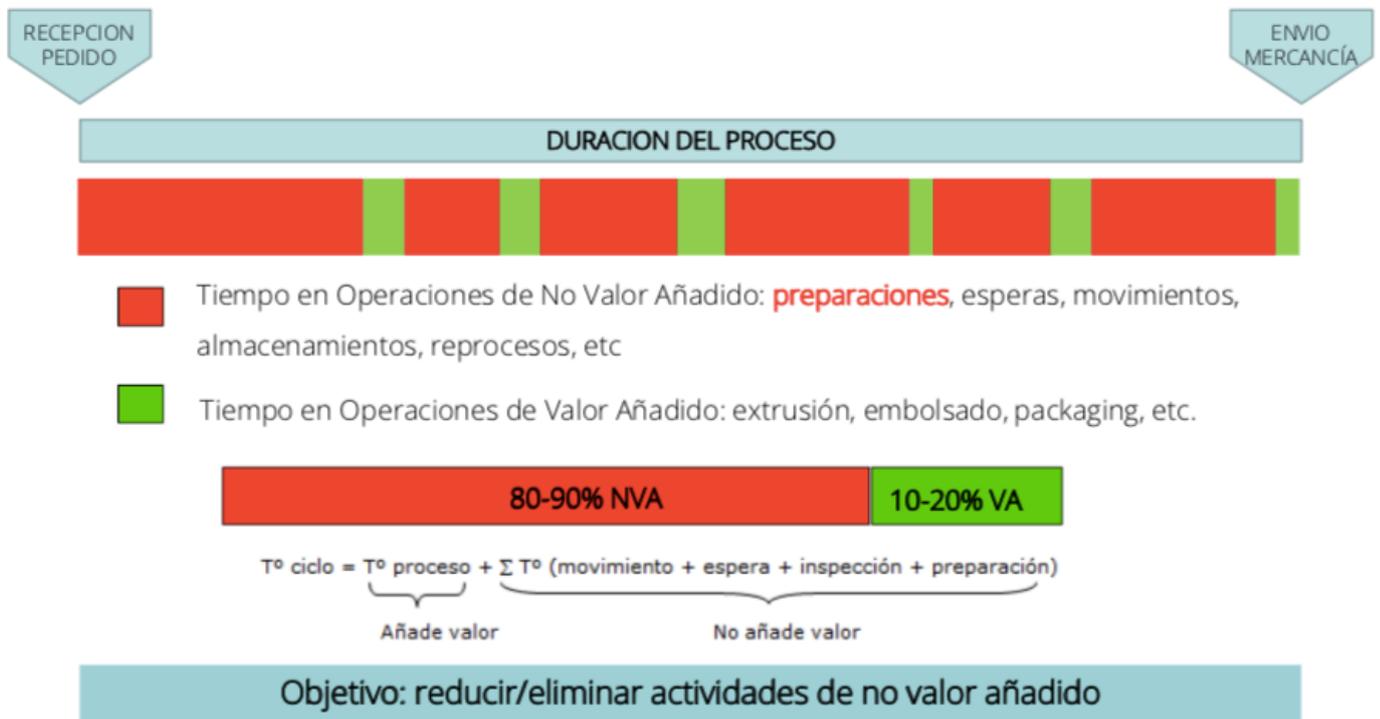


Figura 2. Proceso productivo desde una óptica Lean.

El Lean Manufacturing se sustenta en 7 pilares básicos que son:

- La creación de valor añadido.
- La eliminación del despilfarro.
- La fiabilidad del equipo.
- Flujo continuo.
- Fabricación tipo arrastre.
- Mejora continua.
- Implicación del operario.

Para poder implementar un sistema Lean disponemos de unas herramientas que nos permiten ser lo más eficientes posibles, algunas de estas técnicas son el TPM, el SMED, las 5`s, trabajo estandarizado, AMFE, etc,

Pero lo cierto es que, más allá de las técnicas concretas, existe toda una “filosofía” que subyace detrás de este método y que lo distingue claramente de otras estrategias, “de moda”, encaminadas a mejorar la productividad de las empresas.

Seguramente es la primera vez que una “cultura de analizar, pensar y actuar”, surgida de la experiencia de aquellas personas que están en contacto directo con la realidad a nivel de la planta de producción, ha recibido consideración y respuesta por parte de académicos, consultores y directivos de las empresas. Una visión pragmática de que lo que significa el Lean Manufacturing nos confirma que constituye una puesta al día de los métodos tradicionales de organización del trabajo, desempeñados habitualmente por las oficinas técnicas de producción, que se estructuran y enriquecen con nuevos principios, métodos y técnicas aplicables a problemas específicos y dirigidos a conseguir la simplificación de las operaciones y la reducción de costes.

Por lo tanto, de manera más profunda observamos que el Lean Manufacturing no es un concepto estático, que se pueda definir de forma directa, ni tampoco una filosofía radical que rompa con todo lo conocido. Su novedad consiste en la combinación de distintos elementos, técnicas y aplicaciones surgidas del estudio a pie de máquina y apoyadas por la dirección en el pleno convencimiento de su necesidad. El pensamiento Lean evoluciona permanentemente como consecuencia del aprendizaje, que se va adquiriendo sobre la implementación y adaptación de las diferentes técnicas a los distintos entornos industriales, e incluso, de servicios.

Una empresa de trayectoria exitosa en métodos de racionalización de la producción se encuentra en una excelente posición para experimentar con el método Lean adoptando nuevos enfoques, seleccionando aquellas técnicas específicas que mejor se adapten a su sistema productivo, producto y equipo humano.

El trabajo que nos ocupa se centra en una de estas herramientas Lean: el SMED.

6.2 SMED.

6.2.1 Definición.

La palabra SMED viene del inglés y su significado es Single Minute Exchange of Die, es decir, cambio de matriz en un solo dígito de minuto.

Al final, el SMED es una herramienta fundamental Lean Manufacturing que se basa en obtener ventajas competitivas fundamentales mediante la reducción de los tiempos de preparación que nos permitan trabajar con lotes más reducidos, es decir, tiempos de fabricación más cortos, lo cual redundará en una mejora sustancial de tiempos de entrega y costos operativos.

Y ¿Por qué el SMED?

Porque si trabajamos con lotes de fabricación cortos y podemos reducir el tiempo de cambio de forma significativa, podemos ajustar nuestra fabricación a la cantidad demandada, además de que nos aporta una mayor flexibilidad y una mejor capacidad de respuesta.

Además, como hemos explicado en el capítulo 2, el SMED surge de una necesidad de mejorar la eficacia del equipo (OEE) para mejorar la disponibilidad del equipo, incrementar su capacidad y reducir los costes operativos del mismo.

Otro motivo por el cual aplicar el SMED es la simplificación y la estandarización. Los métodos rápidos, simples y estandarizados de cambio reducen la posibilidad de cometer errores, mejoran la formación y adiestramiento de nuevos operarios y reducen los defectos y la necesidad de inspecciones. Tener un proceso bien estandarizado nos permite eliminar o reducir diferencias entre equipos de trabajo y operarios. Esto es fundamental, ya que no podemos depender de la experiencia de un trabajador para ser competitivos o no.

Una parte de nuestro trabajo como ingenieros es ser capaces de dotar a nuestro equipo de trabajo de herramientas que les permitan trabajar bien, a través de procesos fiables y robustos.

6.2.2 Efectos del SMED.

El SMED tiene efectos muy positivos tanto a nivel de producción como a nivel de equipo de trabajo.

A nivel de producción los efectos que puede ocasionar el SMED es la capacidad de fabricar en pequeñas series y alta diversidad, uso más eficiente de la planta de fabricación, facilita la multifuncionalidad del operario y el incremento de la productividad.

En nuestro equipo de trabajo puede ocasionar reducción de errores, simplificación y estandarización de tareas y áreas de trabajo, un incremento en la flexibilidad de producción, una mejora del nivel de entrenamiento y capacitación de los operarios, una mejora de la organización del entorno de trabajo y mejora de la actitud de los trabajadores.

Otro tipo de efectos que puede ocasionar el SMED es la reducción notable de costes operativos, Reducción de los plazos de fabricación y mejora de la capacidad de respuesta y nivel de servicio al cliente.

6.2.3 Conceptos previos.

Tiempo de cambio: Es la duración entre la última pieza fabricada de la serie precedente y la salida, a cadencia normal, de la primera pieza conforme de la nueva serie. En la figura 3 observamos la definición del tiempo de cambio.

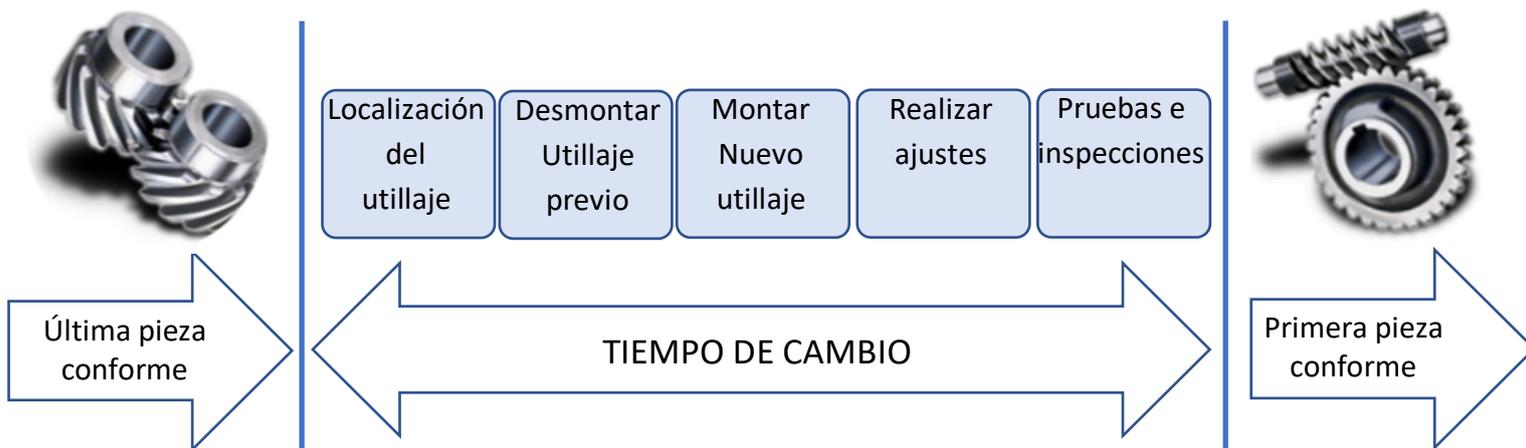


Figura 3. Tiempo de cambio.

Actividades internas: Las actividades internas son aquellas que deben realizarse necesariamente con la máquina parada. Por ejemplo, el propio cambio de matriz en prensa. Las mejoras tienen un alto potencial de mejora a través de la estandarización de elementos, simplificación de ajustes, uso de plantillas, etc.

Actividades externas: Las actividades externas son aquellas que se pueden realizar mientras la máquina este operativa. Por ejemplo, búsqueda de herramientas, realización de una pauta de control, etc. Las acciones de mejora típicas de las actividades externas suelen ser organizativas como 5`s, eliminar desplazamientos del operario, etc.

6.2.4 Metodología SMED.

La metodología SMED esta compuesta por un plan de actuación que consta de 4 fases claramente diferenciadas.

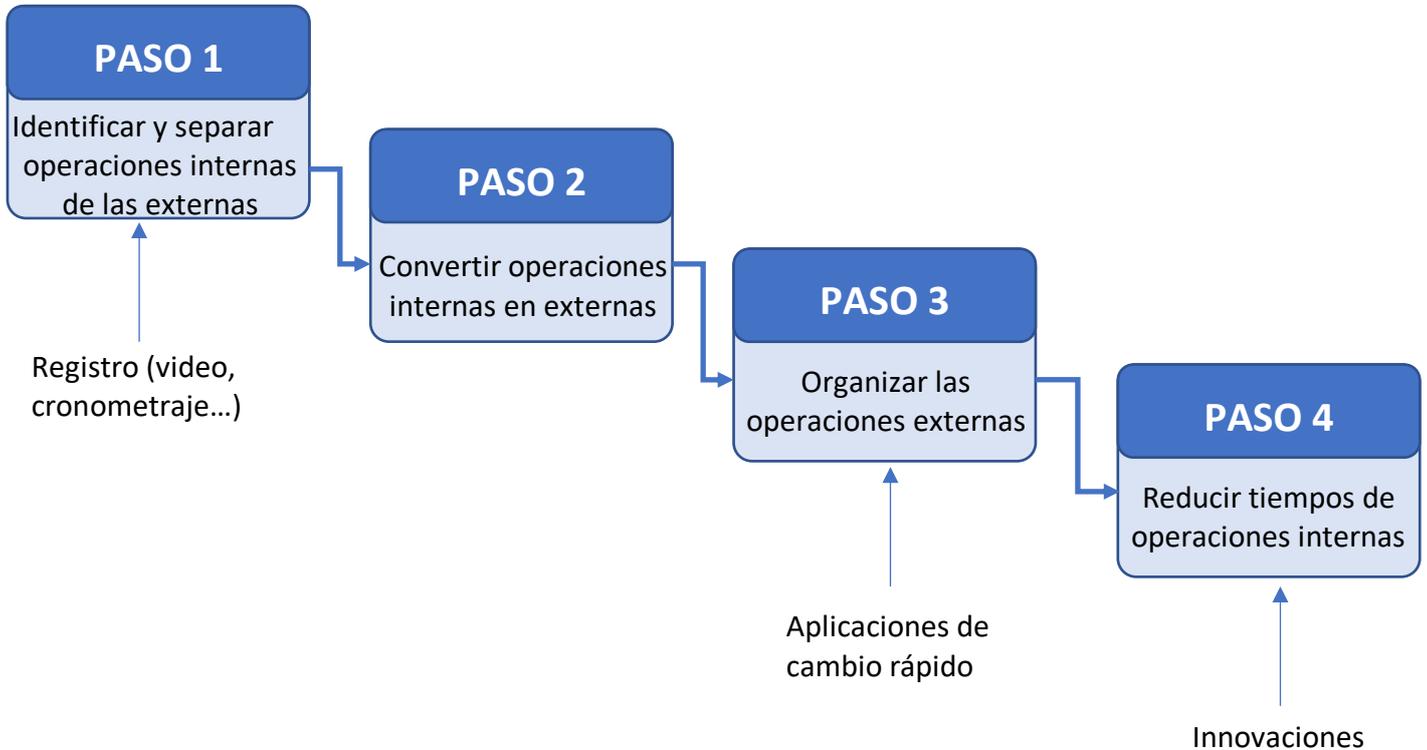


Figura 4. Fases del SMED.

PRIMERA FASE

La primera fase es la de identificar y separar las operaciones internas de las externas. Esta primera fase implica diferenciar entre la preparación con la máquina parada (operaciones internas) y la preparación con la máquina en funcionamiento (operaciones externas). El objetivo es identificar aquellas actividades que pueden ser externalizadas, de forma que podamos reconvertir al máximo las actividades internas en externas para reducir el tiempo total de cambio.

En esta primera parte es muy importante poder observar atentamente la actividad de cada participante. Observar las actividades elementales: ¿Qué acciones ocurren?, ¿Cuánto dura cada acción?, ¿En qué orden sucedieron?, ¿Qué

herramientas han sido usadas?, ¿Por qué sucedieron las acciones cuando ellos lo decidieron?

SEGUNDA FASE

La segunda fase es la de intentar convertir el máximo número de acciones internas en externas. Es claro que esta actividad debe efectuarse siempre y cuando sea posible. Sin embargo, la conversión de actividades internas en externas no se limita de ninguna manera a efectuar actividades de preparación sobre la máquina cuando esta se encuentra operando, puesto que existen un sinnúmero de actividades que constituyen una conversión de actividades internas en externas sin compromisos de seguridad ni pérdidas de operatividad, como por ejemplo, la búsqueda y preaparación de la próxima matriz con la que se va a trabajar. Sólo con este primer paso se suelen conseguir importantes reducciones en el tiempo de cambio, con una inversión mínima. No obstante, para que esta mejora se consolide, se debe pasar al siguiente paso.

Por lo tanto, en esta fase es fundamental identificar todas aquellas operaciones con potencial de externalizarse. Para poder llevarlo a cabo, es importante mejorar el entorno de trabajo a través un 5's y el apoyo de operarios multifuncionales, como un logístico o un Team Leader.

TERCERA FASE

La tercera fase es la de la organización de las fases externas. Esta fase se basa en la disposición de todas las herramientas y materiales (matrices, elementos de fijación, etc.) que soportan las operaciones externas. Estos elementos deben estar dispuestos al lado de la máquina tras haberse realizado toda reparación de los componentes que deben entrar. Se busca la automatización y facilitar el trabajo a los operarios que se encargan de todas aquellas operaciones que se hacen con la máquina en marcha que permiten mantener la máquina parada el menor tiempo posible. Esta fase no supone una disminución directa del tiempo de cambio, como se puede observar en la figura 5, o un ahorro directo de los costes productivos pero si los operarios de apoyo como por ejemplo un Team leader pierde mucho tiempo en desplazamientos o

en búsqueda de herramientas, no será capaz de apoyar correctamente a la prensa provocando tiempos de paro más largos de lo planificado. Si organizamos las operaciones externas, Los operadores multifuncionales podrán realizar el mismo trabajo en menos tiempo y así optimizaremos el recurso. Por lo tanto, en esta fase será importante una planificación de las actuaciones y una coordinación con producción, mejoras logísticas, pasillos despejados y limpios, uso de controles visuales, etc.

Algunas preguntas que nos podemos hacer para mejorar en esta fase son las siguientes ¿Qué preparaciones necesitan ser hechas de antemano?, ¿Qué herramientas y piezas necesitan estar a mano?, ¿Dónde deben colocarse las herramientas y piezas?, ¿Están las herramientas y piezas en buenas condiciones?, ¿Dónde deben colocarse las matrices después de desmontarse?, ¿Cómo serán transportadas las herramientas y piezas?.

CUARTA FASE

La cuarta y última fase es la de reducir el tiempo de las actividades internas. Esta fase consiste básicamente en reducir al mínimo los procesos de ajuste. Se considera que este tipo de procesos constituye entre el 50% y el 70% de las operaciones de preparación interna. Uno de los mejores métodos de reducción corresponde a la estandarización de las características de los sistemas de sujeción de los elementos móviles de las máquinas o la estandarización en el diseño y fabricación de matrices (salida de chatarra estandarizada, alturas, topes, etc.). Este tipo de mejoras suele suponer una mayor inversión económica, ya que, suelen ser mejoras técnicas y muchas de ellas suelen ser mejoras de última tecnología que suelen tener un coste mayor.

Una vez finalizado la implantación de las fases de SMED aún tenemos acciones importantes para poder mantener todas las mejoras obtenidas. Es importante Documentar el nuevo proceso mejorado a través de un procedimiento robusto, videos formativos para nuevos operarios, elementos y materiales a utilizar, etc. Además, lo más importante es poder darle Sostenibilidad y que las mejoras perduren en el tiempo, porque si no, el trabajo habrá sido en vano.

Estandarización del nuevo proceso mejorado, intentando independizar el método y tiempo obtenido del equipo de trabajo que lo realiza. Y también es importante poder Extender la experiencia a otros equipos en otras prensas y crear una cultura de mejora continua.

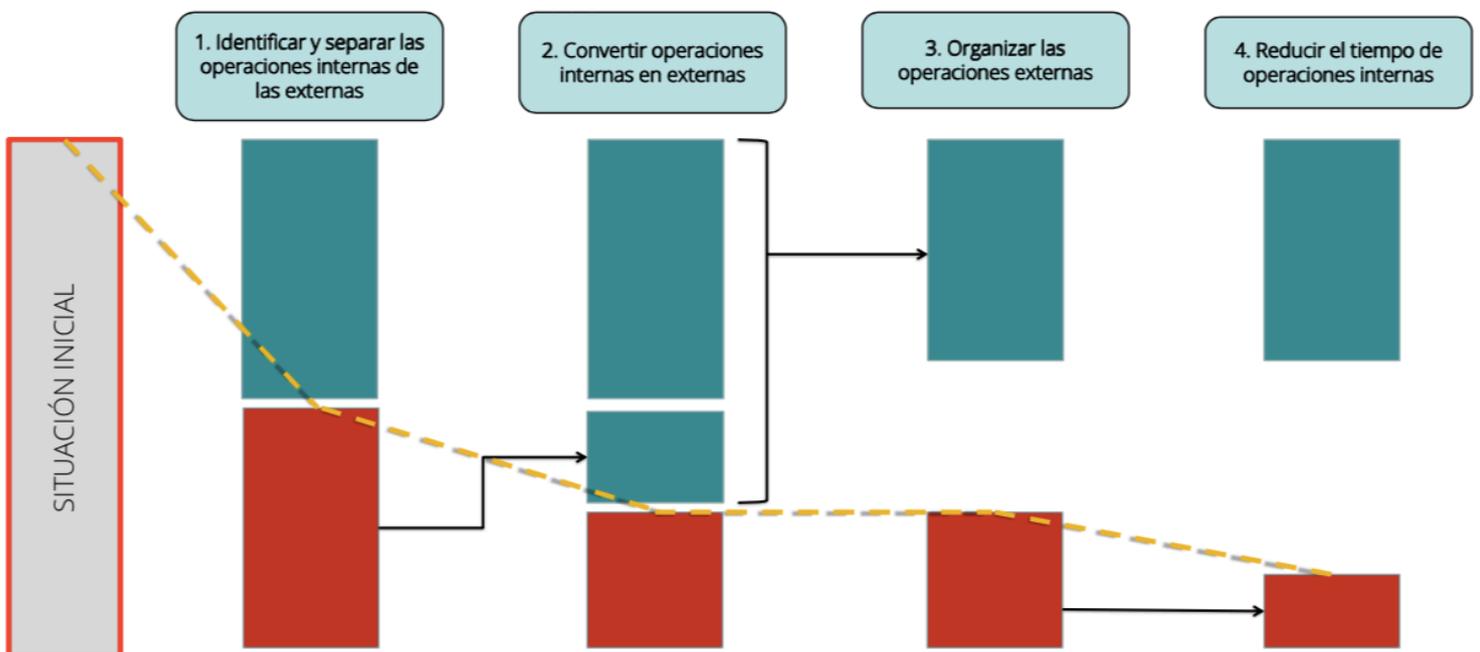


Figura 5. Fases de la metodología SMED.

7. IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO SMED EN M-41

La máquina 41 es una prensa excéntrica de 315 toneladas de fuerza y trabaja a 60 golpes por minuto. En ella se montan matrices de hasta 500 Kg de peso y funciona con embridaje hidráulico. Actualmente los cambios los realiza una persona, el prensista, con el apoyo del logístico. Tampoco se realiza ningún seguimiento a los tiempos de cambio, ni se obtienen datos que nos ayuden a mejorar.

7.1 Pasos previos al inicio de mejora SMED.

El primer paso para poder iniciar el proyecto SMED es la elección de un equipo piloto y para esto nos hacemos dos preguntas ¿Quiénes? Y ¿Dónde?.

La respuesta a la primera pregunta es la elección de un equipo de trabajo con capacidad para alcanzar la implementación de este proyecto. Para ello es necesario la elección de un personal profesional, formado, motivado y comprometido con la empresa.

La respuesta a la segunda pregunta, es una respuesta estratégica, se debe elegir bien por donde empezar y esto es más importante de lo que puede parecer. Y ¿Por qué es tan importante esta elección? Porque si se obtienen buenos resultados, dichos resultados serán visibles para el resto de la planta y podremos contagiar esta cultura de mejora al resto de los operarios.

Para obtener el objetivo marcado con el SMED (ser más productivos y reducir tiempos), es necesario dotar al equipo de trabajo de medios y herramientas para que puedan trabajar mejor. No se trata de imponer una nuevo estándar de trabajo, sino de hacer ver que esta es la mejor forma de trabajar para todos, para la empresa y también para ellos, porque al final el objetivo es el de simplificar y automatizar el trabajo para optimizar el tiempo.

Si somos capaces de tener un buen equipo de trabajo y una prensa donde podamos hacer visible estos resultados, el resto de la planta también querrá adoptar este filosofía de trabajo y motivará al resto del personal.

En nuestro caso el equipo de trabajo del proyecto esta formado por el Ingeniero de procesos, que es el cotutor de este proyecto, el Team Leader de planta, el logístico, el prensista y por mi mismo. Este proyecto ha sido en todo momento supervisado por el jefe de operaciones y la dirección de la empresa. Esto es un punto

clave para el éxito del proyecto, porque siempre se ha tenido el apoyo y la aprobación de dirección.

La prensa elegida para poder empezar este proyecto es la prensa Número 41 a la que llamaremos M-41. Esta prensa ha sido elegida principalmente por dos motivos:

Es la prensa con los montajes más simples de toda la empresa y solo necesita un montador de manera directa. Esto en cierta forma, nos puede ayudar a tener éxito porque se puede decir que en esta prensa es más fácil implementar el proyecto SMED y como se ha explicado antes, es muy importante empezar con buenos resultados para poder motivar y contagiar esta cultura de mejora.

El segundo motivo por el cual se ha elegido esta prensa es porque es la prensa que más cambios realiza al año, así que, como consecuencia lógica es la prensa donde más impacto puede tener el proyecto SMED.

Otra acción importante antes de iniciar el proyecto es la creación de un Plan de acciones (PDCA) donde se pueda realizar un seguimiento del proyecto. En él determinarán acciones, fecha prevista de implementación de la acción, fecha real de finalización de la acción, responsable y resultado. En la figura 6 podemos observar el PDCA de realizado para poder realizar un seguimiento del proyecto.

Plan de Acciones (PDCA)

Doc.	AL10201.000
Departamento:	
DIRECCIÓN y PROCESOS	

ASUNTO:
PROYECTO SMED Fecha Inicio-> 03-11-2020

OBJETIVO:
ESTABLECER METODOLOGIA SMED, OBTENIENDO PROCEDIMIENTO, STD Y KPIS.

PRORROGACIÓN TAREA	% Avanzado	Fecha Apunte	REFERENCIA	CONCEPTO	Plan de Acciones (PDCA)	CAUSA	ACCIÓN	RESP.	COLABOR.	COMENTARIOS	Fecha Previ	Fecha Fin Real	INVERSIÓN
2	100%	03-11-20	GENERAL	ADAPTACION	Alcance del proyecto, número de utillajes a incorporar en el SMED	NO APLICA	Hacer listado de utillajes a tratar según el impacto de horas desde enero-19 a Junio_20.	Carlos Tudela	Miguel Campos	Status Adaptacion SMED 23_10_20.xlsx	02-11-20	02-11-20	0 €
2	100%	03-11-20	M-41, M-15	EQUIPO SMED	M-41, M-15: Se decide que en este tipo de máquinas el smed se realiza con el operario de máquina y el log. Interno.	NO APLICA	OPERARIO MAQUINA + LOG. INTERNO	Miguel Campos			03-11-20	03-11-20	0 €
2	100%	03-11-20	M-41, M-15	PROCEDIMIENTO	M-41, M-15: No existe procedimiento definido de SMED	NO APLICA	Hacer procedimiento de SMED con equipo: Morcillo, Mario, Carlos, Jose y Miguel.	david Mares	Carlos Tudela	Seguir pasos de la teoría.	27-11-20	13-01-21	0 €
3	68%	02-12-20	M-41, M-15	ESTABLECER STD	M-41, M-15: Comenzar a establecer tiempos STD de cada utillaje.	NO APLICA	Utilizar al becario para establecer los tiempos STD por troquel.	David Mares	Carlos Tudela		31-01-21		0 €
2	100%	03-11-20	M-62, M-76	EQUIPO SMED	M-62, M-76: No disponemos de equipo montador con dos personas en la máquina M-62 y M-76.	NO APLICA	Utilizar a la figura de Team leader para dar apoyo y gestión de actividades externas	Miguel Campos		Una vez finalizada la formación de Jesús (Inicio 13-10-2020) liberar a Mario y que comience su responsabilidad como Team Leader. 2-01-2021-> Paso a Team Leader, 30 días de formación.	02-01-21	01-02-21	0 €
2	50%	03-11-20	M-62, M-76	PROCEDIMIENTO	M-62, M-76: No existe procedimiento definido de SMED	NO APLICA	Hacer procedimiento de SMED con equipo: Vicente Orts, Manolo, Mario, Carlos, Jose y Miguel.	david Mares	carlos Tudela	Seguir pasos de la teoría.	01-02-21	16-02-21	0 €
3	10%	16-02-21	M-62, M-76	ESTABLECER STD	M-62, M-76: Comenzar a establecer tiempos STD de cada utillaje.	NO APLICA	Utilizar al becario para establecer los tiempos STD por troquel.	david Mares	Carlos Tudela		17-05-21		0 €
2	100%	03-11-20	GENERAL	KPIS	No existen claramente definidos KPIS SMED (Definir en reunion)	NO APLICA	Establecer KPIS para seguimiento ejercicio SMEd y cumplimiento de STD	david Mares	carlos Tudela		04-12-20	17-02-21	0 €
2	100%	01-01-21	M-41, M-15	KPIS	Inicio de seguimiento de cumplimiento de Smed. Reuniones SMED semanal.	NO APLICA	Establecer reuniones semanales de seguimiento SMED: Carlos, Team Leader, Becario, Jose, Miguel.	david Mares	carlos Tudela	Reuniones en despacho de dirección o en otra sala habilitada.	01-01-21	21-01-21	0 €

Figura 6. Ejemplo de PDCA SMED.

7.2 Identificar y separar operaciones internas y externas.

Como se ha explicado en el capítulo 6, la primera fase de la metodología SMED consiste en poder identificar cada operación que se realiza durante el cambio de utillajes y clasificar cada acción como operación interna o externa, o lo que es lo mismo, operación con máquina parada o con máquina en marcha.

Para llevar a cabo esta primera fase se han realizado grabaciones de los cambios de matriz en prensa para identificar cada acción y clasificarla correctamente. Tras las primeras grabaciones, se ha creado una plantilla para poder analizar cada cambio y obtener tiempos de montaje y desmontaje. En la plantilla se describe cada operación realizada por el prensista y por el logístico, y cada operación es clasificada en interna o externa. Además se calcula el tiempo que dura cada una de ellas, tanto de manera parcial, como acumulada.

En la figura 7 se puede observar el ejemplo del análisis de un desmontaje y en la figura 8 el análisis de un montaje.

N	Acciones del prensista	I/E	T. REAL			GRAFICA	Acciones del logístico
			PARCIAL	ACUMULADO	AHORRO		
1	Anotar producción real	Interno	00:00:54	00:00:54			
2	Fichar	Interno	00:00:59	00:01:53			
3	Cortar bobina y retirar retal de la máquina	Interno	00:01:17	00:03:10			
4	Soltar husillo	Interno	00:00:21	00:03:31			
5	Retirar banda del troquel	Interno	00:00:17	00:03:48			
6	Retirar ramba	Interno	00:00:25	00:04:13			
7	Bajar prensa	Interno	00:00:21	00:04:34			
8	Apagar bomba de aceite	Interno	00:00:13	00:04:47			
9	Desembridar y subir prensa	Interno	00:00:30	00:05:17			
10	Poner guias en máquina	Interno	00:00:19	00:05:36			
11	Recoger carro de bolas	Interno	00:00:40	00:06:16			
12	Retirar matriz	Interno	00:01:39	00:07:55			
13	Guardar matriz	Interno	00:02:42	00:10:37	00:02:42		

Figura 7. Análisis y toma de tiempos del desmontaje.

Como se puede observar, el desmontaje esta compuesto por 13 operaciones distintas que suponen un tiempo total de desmontaje de 10 minutos y 37 segundos. También concluimos que con el estandar de desmontaje actual todas las acciones son internas. Generalmente, el desmontaje es más sencillo y breve que el montaje, ya que, en el desmontaje no tenemos operaciones de ajuste que pueden alargarse en el tiempo.

N	Acciones del prensista	I/E	T. REAL			GRAFICA	Acciones del logístico	I/E
			PARCIAL	ACUMULADO	AHORRO			
1	Recoger orden de fabricación y pauta de	Interno	00:01:57	00:01:57	00:01:57	00:01:57	Preparar Bobina entrante	externo
2	Fichar	Interno	00:00:30	00:02:27		00:00:30	Preparar Packaging de la nueva referencia	externo
3	Recoger útil de control	Interno	00:01:15	00:03:42	00:01:00	00:01:15	Preparar nuevo contenedor de chatarra	externo
4	Recoger matriz siguiente	Interno	00:04:46	00:08:28	00:04:46	00:04:46	Traer palé vacío para próximo lote	interno
5	Entrada de matriz en máquina	Interno	00:00:37	00:09:05		00:00:37	Cambio de contenedor de chatarra	interno
6	Devolver carro de bolas	Interno	00:00:38	00:09:43		00:00:38	Cambio de bobina	interno
7	Retirar guías de la máquina y limpiar matriz con aire	Interno	00:00:26	00:10:09		00:00:26	Medir espesor bobina entrante	interno
8	Bajar prensa y embriar	Interno	00:00:58	00:11:07		00:00:58	Retirar producto terminado	interno
9	Encender bomba de aceite	Interno	00:00:18	00:11:25		00:00:18	Traer packaging de la nueva referencia	interno
10	Subir prensa y dejar abierta	Interno	00:00:35	00:12:00		00:00:35		
11	Colocar rampa de salida	Interno	00:00:46	00:12:46		00:00:46		
12	Meter material en matriz	Interno	00:05:19	00:18:05		00:05:19		
13	Colocar salida de aire de la pieza	Interno	00:02:45	00:20:50	00:02:30	00:02:45		
14	Sacar primeras piezas y verificar	Interno	00:01:30	00:22:20		00:01:30		
15	Ajustar husillo	Interno	00:00:56	00:23:16		00:00:56		
16	Poner aceite en la matriz	Interno	00:00:51	00:24:07		00:00:51		
17	Fichar	Interno	00:01:10	00:25:17		00:01:10		
18	Rellenar KPI's	Interno	00:01:05	00:26:22		00:01:05		

Figura 8. Análisis y toma de tiempos del montaje.

En la figura 8 observamos todas las operaciones que realizan tanto el prensista como el logístico descritas de manera detallada. Vemos como el montaje esta compuesto por 18 operaciones y la clasificación de cada acción en interna o externa y el tiempo asociado a cada acción y el acumulado. Como se ve el tiempo total de montaje es de 26 minutos y 22 segundos. Todas las acciones del prensista son internas, es decir, con la máquina parada. Las únicas acciones que se realizan

con la máquina en marcha son las que realiza el logístico y son operaciones de preparación.

En la fase uno (previa al inicio del proyecto) tenemos un tiempo total de cambio (montaje y desmontaje) de 38 minutos.

7.3 Convertir operaciones internas en externas.

Esta es la fase donde se producen las mejoras más significativas del SMED y no se requieren grandes inversiones. Una vez identificada cada una de las operaciones y clasificadas en internas o externas lo que hay que preguntar en cada una de ellas es si es posible realizarla con la máquina en marcha, y en caso de ser posible, buscar una solución técnica u organizativa que permita realizar la acción de manera externa.

7.3.1 Ordenes de fabricación y pautas/útiles de control de calidad.

Durante el análisis de la grabación del montaje se observa como el prensista pierde tiempo realizando excesivos desplazamientos para recoger las órdenes de fabricación y buscando las pautas de control de calidad. Casi siempre que hay un desplazamiento hay una posibilidad de mejora, por lo tanto, La primera operación que es posible externalizar es la preparación de la órdenes de trabajo y las pautas y útiles de control de calidad.

Actualmente, como se muestra la figura 9, el prensista guarda las ordenes salientes, recoge las ordenes entrantes y busca las pautas de control de la referencia entrante con la máquina parada, lo que supone un aumento del tiempo perdido en desplazamientos.

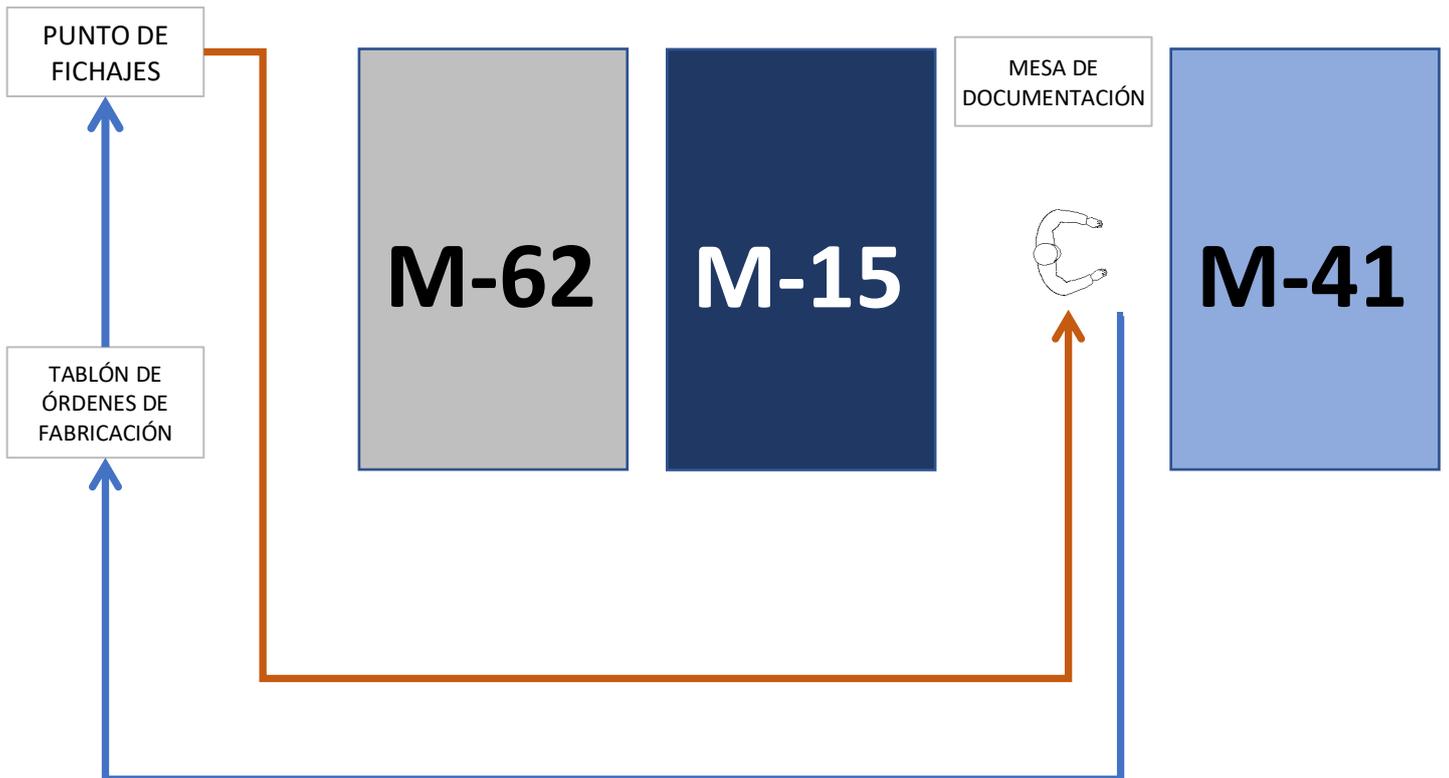


Figura 2. Proceso de recogida de órdenes previo a proyecto SMED.

La solución para externalizar esta operación es usar la mesa (figura 10) que se encuentra en el puesto de trabajo del operario para preparar, con la máquina en marcha, la documentación entrante y saliente depositandola en las gavetas de la mesa. Esta mejora permite reducir el número de desplazamientos del prensista y bajar los tiempos de cambio. Además, para solucionar el problema de la búsqueda de la pauta de control de calidad se ha unificado todas las pautas de control de la M-41 en la mesa de la prensa para facilitar su búsqueda y preparación. Esta es una mejora del tipo organizativo que no requiere inversión y nos permite ahorrar hasta dos minutos por montaje.



Figura 10. Mesa de documentación.

En la figura 11 se puede observar como ejecuta la acción el prensista después de la mejora. Se han eliminado tiempos de búsqueda y preparación y reduciendo desplazamientos.

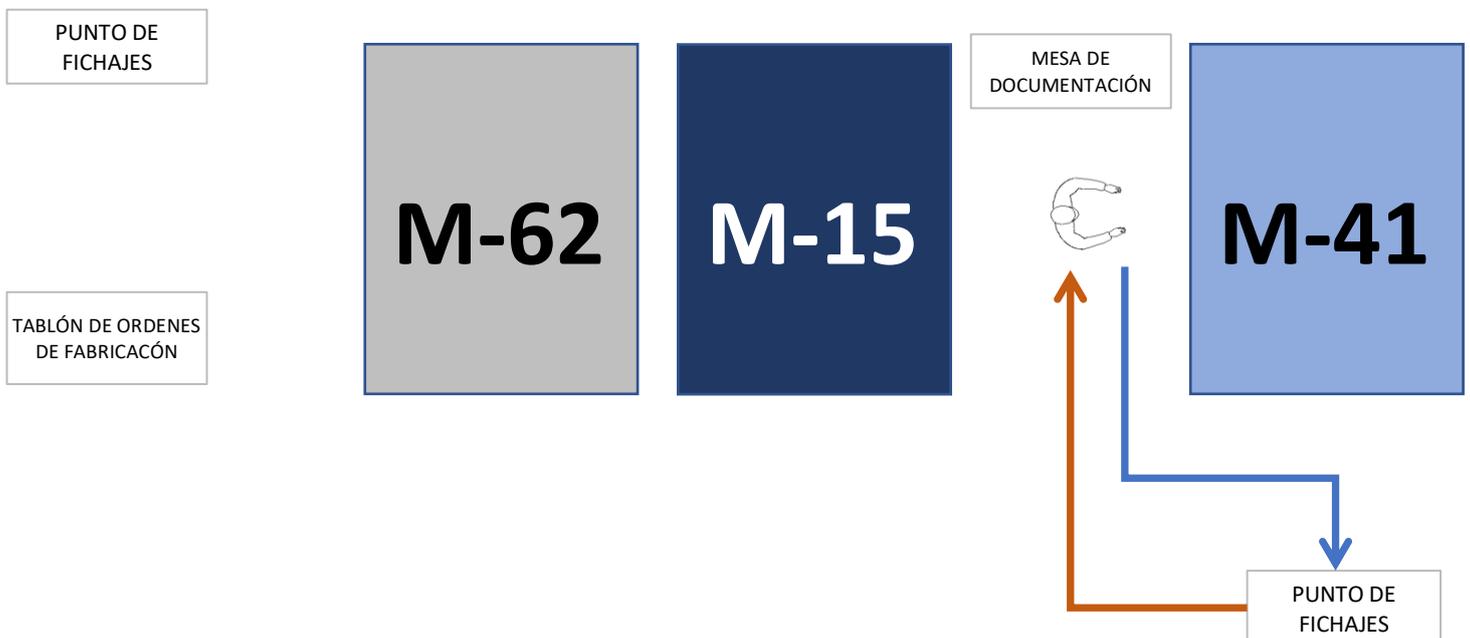


Figura 11. Proceso de fichajes después de proyecto SMED.

Del mismo modo que las pautas de control, el prensista busca el útil de control con la máquina parada perdiendo tiempo de búsqueda y sumando tiempo de montaje. A partir de ahora el Team Leader debe buscar, si es necesario, el útil de control de la próxima referencia y dejarlo preparado en la mesa de documentación del puesto de trabajo. Esta es otra pequeña mejora organizativa, pero muy eficaz porque también ayuda al prensista a automatizar el montaje.

7.3.2 Mesa-pulmón.

Otra operación que se puede externalizar es guardar la matriz en el desmontaje y la recogida de matriz en el montaje. Actualmente el prensista guarda la matriz saliente y recoge la matriz entrante con la máquina parada, suponiendo pérdidas importantes de tiempo de cambio y añadiendo desplazamientos y fátiga al operario. La mayor parte del tiempo se pierde guardando la matriz saliente y recogiendo la matriz entrante, ya que, es una operación laboriosa, puesto que son matrices de 500 kg y no son fáciles de manipular.

La solución adoptada es la de equipar la prensa 41 con un mesa-pulmón (figura 12) donde se pueda depositar la matriz entrante con la máquina en funcionamiento, permitiendo bajar los tiempos de cambio y reducir los desplazamientos realizados por el prensista. Esta es una mejora técnica, pero de una inversión baja, ya que, ha sido fabricada de manera interna y con materiales reciclados, y con una amortización de pocos meses porque es la acción que nos permite reducir hasta 6 minutos por cambio.



Figura 12. Mesa-pulmón.

En la figura 12 se observa la mesa donde se deposita la matriz entrante, con la máquina en marcha. La parte superior de la mesa esta compuesta por filas de rodamientos, para que la matriz pueda desplazarse con facilidad. Destacan las dos filas amarillas, que tienen mayor altura, ya que, en ellas entran las guías inferiores de la matriz y de esta manera poder introducir la matriz ya centrada en la prensa.

En la figura 13 se muestra la forma de trabajar del prensista después de la mejora. A partir de ahora, el prensista solo tiene que recoger la matriz que se encuentra ya preparada en la mesa, en lugar, de tener que ir a buscarla y manipularla con todo lo que eso conlleva en cuanto a pérdidas de tiempo.

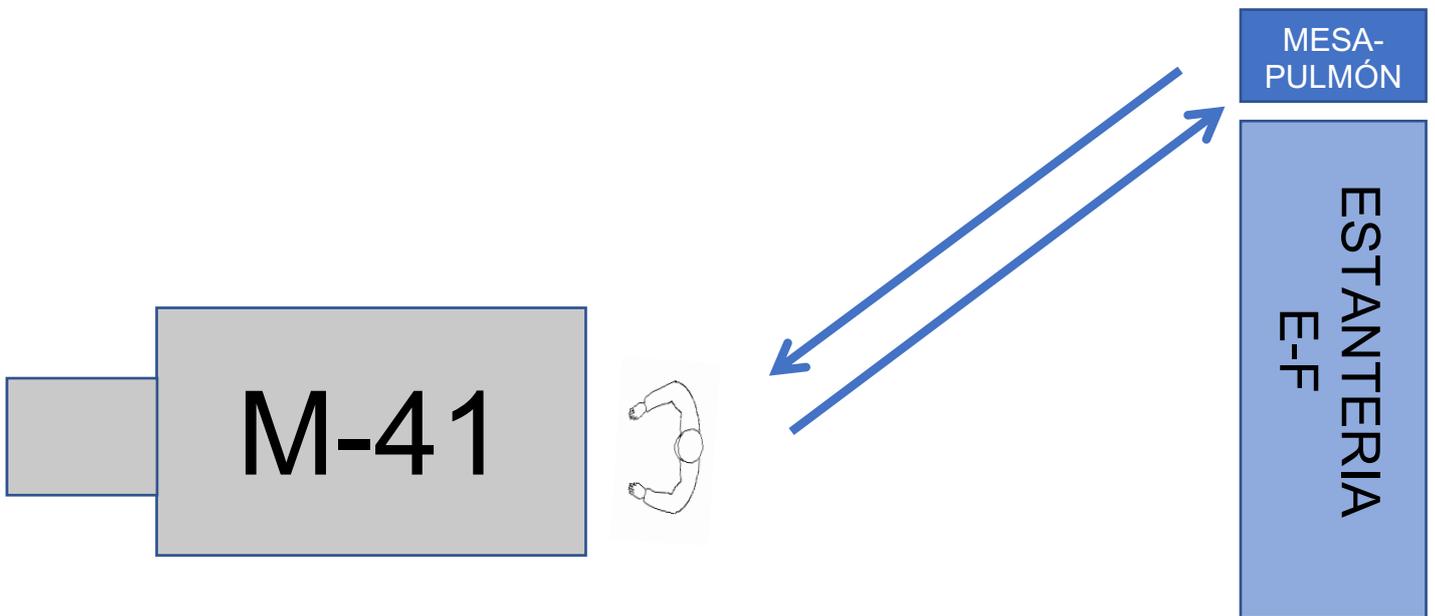


Figura 13. Proceso de recogida de matriz.

Tras la aplicación de la fase dos se prevé que el tiempo de desmontaje pasará a ser de aproximadamente 8 minutos y el tiempo de montaje de 18 minutos y 30 segundos, siendo el tiempo total de cambio de 26 minutos y 30 segundos frente a los 38 minutos de cambio previos a las acciones SMED. Esto supone una posible mejora del 28,4%.

7.4 Organizar operaciones externas.

Como hemos explicado en el capítulo 6, la tercera fase consiste en organizar las operaciones externas. A priori esto no supone una disminución directa del tiempo de cambio pero si que permite que los operarios de apoyo puedan realizar su trabajo de una manera más eficaz y así ayudar a que la máquina este parada el menor tiempo posible.

7.4.1 5's herramientas y útiles de control.

Previo al proyecto SMED las herramientas más utilizadas no tenían ubicación clara y se perdía tiempo en su búsqueda. Se ha buscado una ubicación lo más cercana posible a la prensa para evitar desplazamientos y se han añadido ayudas visuales para evitar su pérdida.



Figura 14. 5's herramientas.

Además, los útiles de control se encontraban en la estantería con ubicación aleatoria dificultando muchas veces su búsqueda y suponiendo pérdidas de tiempo.



Figura 15. Estantería útiles de control.

Para solucionar este problema, se ha organizado la estantería ordenando los útiles de control según su número de referencia y se ha etiquetado la estantería para identificarlos en menor tiempo.

Estas pequeñas acciones facilitan a los logísticos y a los Team Leaders a realizar su apoyo en el cambio de una manera más eficaz.

7.4.2 Reubicación de matrices.

Actualmente las matrices de la M-41 se encuentran ubicadas de manera aleatoria sin ningún tipo de criterio en las estanterías E-F y G-H (Layout en Figura 16). Tras consultar en la base de datos de la empresa cuales son las matrices que más montajes tienen al año y cuales son las que menos se han clasificado todas las matrices en dos grupos:

-“High runner” (las matrices que más se montan). Las matrices “high runner” se pueden llegar a montar varias veces al mes.

-“Low runner” (las matrices que menos montajes se realizan al año). Las matrices “low runner” pueden llegar a montarse una vez cada tres meses.

En base a este criterio se ha decidido reubicar e identificar las matrices, ubicando las high runner lo más cerca posible de la mesa-pulmón. De manera que la preparación de la matriz entrante que se tiene que depositar en la mesa-pulmón sea lo más rápida posible, ahorrando tiempo al logístico.

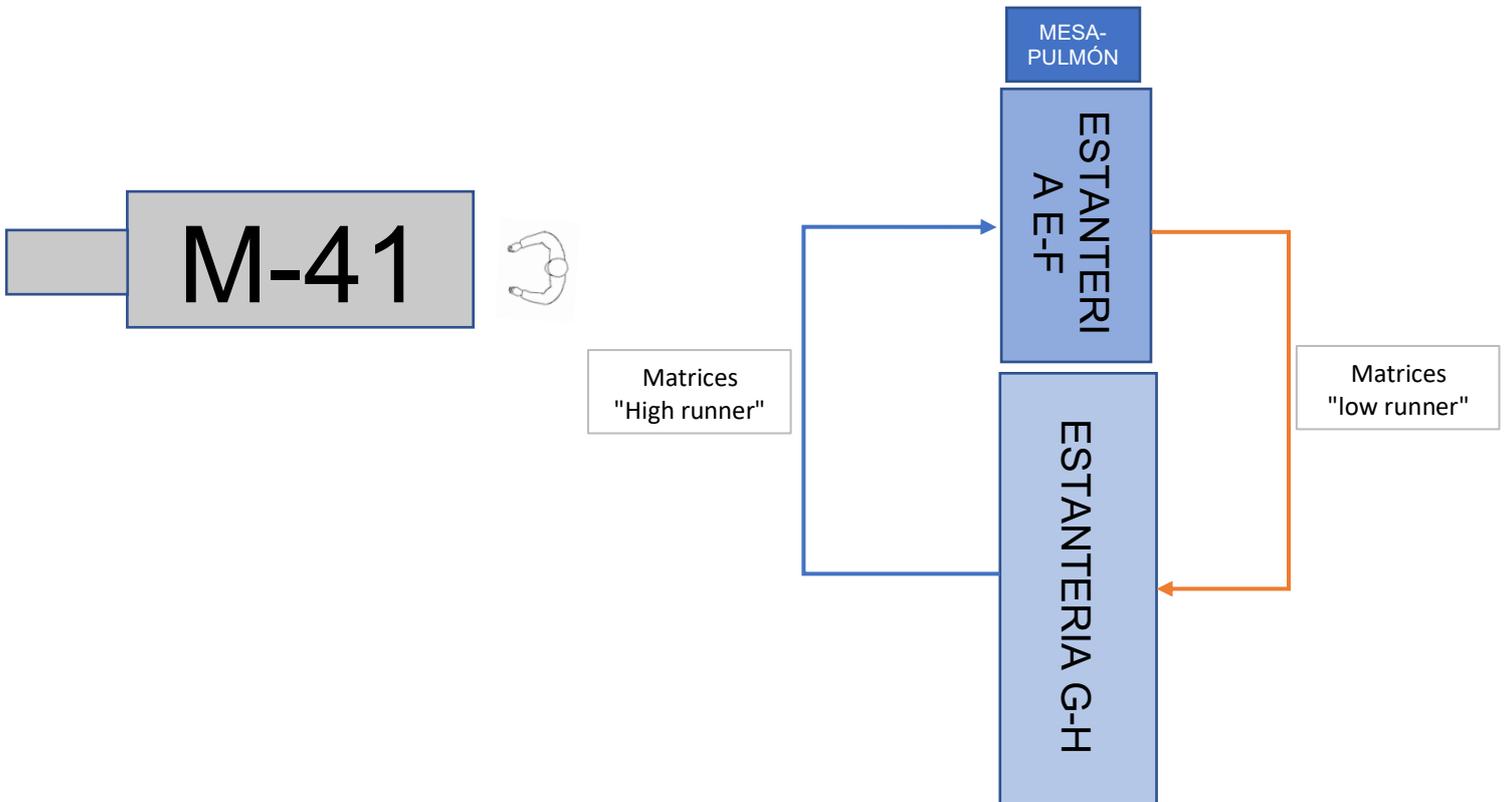


Figura 16. Reubicación de matrices.

Tras la fase 3 del proyecto se prevé que el tiempo de cambio de matriz será de 26 minutos y 30 segundos, el mismo que en la fase 2. Como se puede ver en la figura 5, esta fase no reduce tiempos de cambios, si no que se busca automatizar y facilitar las operaciones que se hacen con la máquina en marcha.

7.5 Reducir tiempos de operaciones internas.

La mayoría de proyectos SMED suelen terminar en la fase 3, puesto que es posible alcanzar mejoras del 30% o 40% tan solo con mejoras organizativas o con pequeñas mejoras técnicas que requieren pequeñas inversiones que son fácilmente justificables. En el caso que nos ocupa, llegados a este punto hemos alcanzado una mejora de 28,4%.

Para reducir los tiempos de las operaciones internas se suele necesitar elevadas inversiones ya que son mejoras técnicas y muchas veces son difíciles de justificar, porque se pueden tardar años en amortizar.

Un claro ejemplo de una mejora de la reducción de tiempos de las operaciones internas es el embridaje. El embridaje de la matriz en la prensa es una operación que obligatoriamente tiene que realizarse con la máquina parada. En la M-41 se implantó hace años un sistema de embridaje hidráulico que sustituía al embridaje manual. Este cambio supuso una gran inversión pero no solo redujó el tiempo de montaje, si no que además, automatizó y facilitó el proceso de montaje reduciendo la fatiga del operario.

En nuestro proyecto SMED en esta fase se han realizado tres mejoras:

7.5.1 Salida de aire.

Conectar la salida de aire de la pieza es una operación que se tiene que realizar obligatoriamente con la máquina parada.

Actualmente las matrices en las que la salida de la pieza es a través de aire utilizan un sistema no estandarizado y conlleva una gran pérdida de tiempo, puesto que el prensista tiene que ajustar el sistema cada vez que monta la matriz en prensa (figura 17), provocando un aumento del tiempo de montaje. Además, hay pérdidas de tiempo adicionales durante la producción porque el sistema actual se mueve con los golpes de la prensa.



Figura 17. Salida de aire previa a la mejora.

Ante este problema hemos contemplado dos posibles soluciones:

La primera es la realizar una modificación en la matriz desde ingeniería para integrar una salida de aire fija y que el prensista solo tenga que conectar el la salida de aire a través de un enchufe “rápido”. El principal inconveniente de esta opción es que al tener que rediseñar una parte de la matriz añadiendo horas de rediseño y mecanizado, que se traducen en costes.

La segunda opción es la de incorporar a la matriz un sistema de loc-line, muy utilizado para refrigerar durante el mecanizado en las fresas y tornos. En este caso sería implementarlo para que el prensista solo tenga que conectar la salida de aire. Las ventajas de esta solución son que es una solución más económica, rápida y flexible, ya que es fácilmente modificable. Las desventajas son que es un sistema que se “desgasta” con el tiempo, que puede perder rigidez. Esto supondría tener que sustituir los latiguillos cada cierto tiempo (figura 18).



Figura 18. Salida de aire después de la mejora.

Al final se ha decidido la implementación de la segunda solución, ya que se ha priorizado la solución más económica y rápida. Esta es una mejora que permite ahorrar hasta 4 minutos de montaje por cambio.

Tras esta mejora el tiempo estándar de cambio es de 24 minutos, 16 de montaje y 8 de desmontaje. Esto supone una mejora del 34%.

7.5.2 Rampa de salida de pieza.

Otra acción para mejorar las operaciones internas es la rampa de salida de pieza. Actualmente existen 20 rampas sin ubicar y sin identificar, esto supone un problema organizativo porque provoca pérdidas de tiempo en buscar la rampa necesaria para cada matriz. Además, las rampas se fijan al palastro con un Imán y un gato, como se puede ver en la figura 19, siendo un sistema complejo de ajustar aumentando tiempos de montaje.



Figura 19. Rampa de salida de pieza.

Por lo tanto, con esta acción no solo se busca reducir tiempos de montaje, si no, también estandarizar la salida de pieza para evitar pérdidas de tiempo en búsqueda y montaje de la rampa. De esta manera, si se consigue que todas las matrices tengan un mismo sistema de salida de pieza podemos automatizar y facilitar el montaje y mejorar en 5`s de la prensa.

Cabe añadir que después de tomar medidas de todas las matrices para buscar la mejor solución, se ha llegado a la conclusión que no es posible encontrar una única resolución que permita estandarizar la salida de pieza de todas las matrices. Debido a que muchas matrices son antiguas las dimensiones de ancho, largo y alto no están estandarizadas.

El ancho como se puede ver en la figura 20, no se puede estandarizar en una única rampa.



ANCHO MINIMO 230 mm



ANCHO MÁXIMO 170 mm

Figura 20. Medidas de matrices.

Esto nos obliga a instalar una rampa fija, como la de la figura 21, de salida de pieza de la matriz a todo troquel cuya distancia entre columnas sea inferior a 230 mm (medida de la pieza más ancha de la M-41).



Figura 21. Rampa fija en matriz.

Una vez incorporadas las rampas fijas en las matrices que lo requieran ya se puede estandarizar la salida de la pieza.

Las propuestas para solucionar esta operación eran dos.

- La primera es la de equipar la prensa con una única rampa que permita sacar las piezas de la prensa de todas las matrices. Para ello se puede fijar la rampa a las guías de la bancada y con aprietes rápidos se puede modificar la inclinación y la dimensión, para así llegar a todas las matrices. Las ventajas de esta solución son que es la solución más económica y es más sencilla. Los inconvenientes es que no es una solución polivalente que se pueda utilizar en otras prensas.

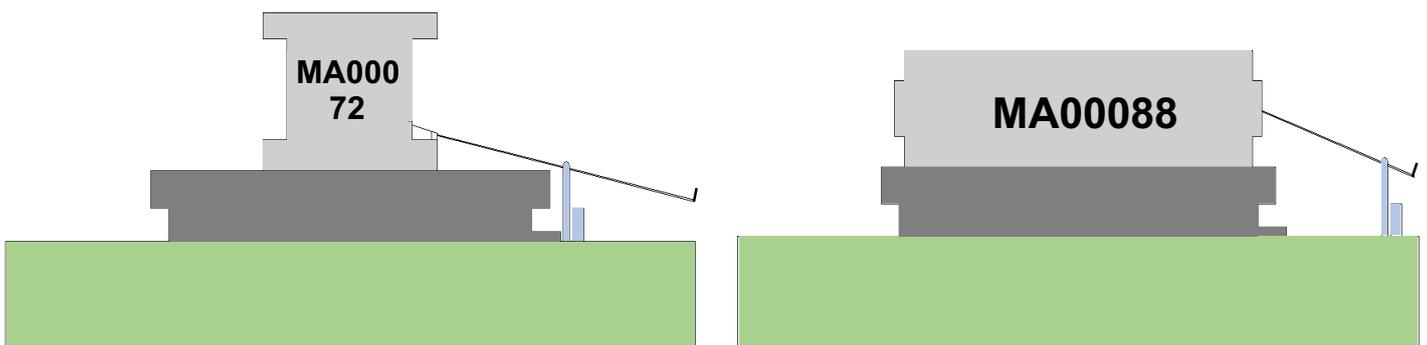


Figura 22. Funcionamiento de rampa.

- La segunda opción es la de comprar una cinta transportadora, que una vez la pieza este fuera de la matriz, permita sacar la pieza de la prensa. El inconveniente principal de esta solución es su elevado precio, que es difícil de justificar, porque el ahorro de tiempo que provocaría no sería suficiente como para amortizar la inversión.

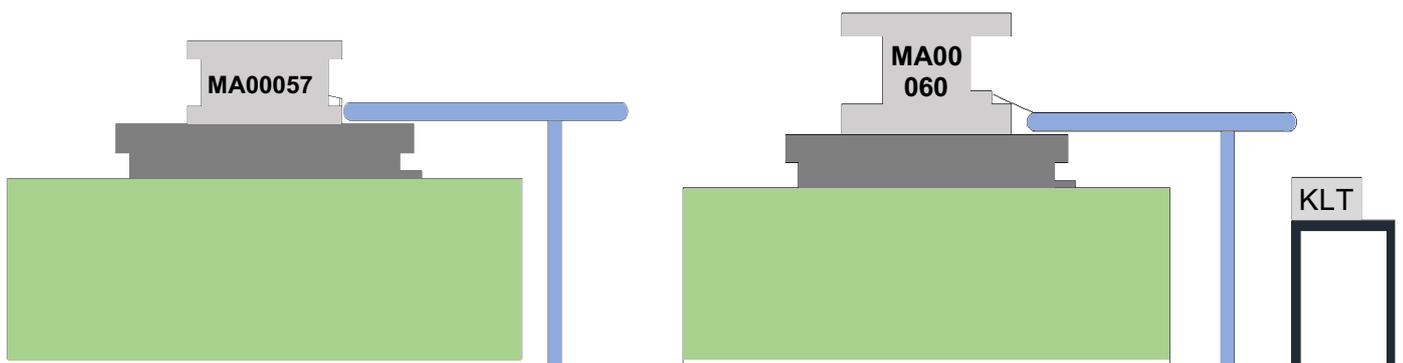


Figura 23. Cinta de salida de pieza.

La solución finalmente adoptada, como se puede ver en la figura 24 es la primera, porque se han priorizado los costes.



Figura 24. Nueva rampa de salida de pieza.

7.5.3 Adaptación a SMED de las matrices 231 y 78.

Actualmente las matrices MA00231 y MA00078 son dos matrices que se montan en la M-15, con tiempos de montaje superior a los 100 minutos porque en la M-15 no hay embridaje directo y se tienen que realizar cambios de cursa en la prensa en función de la matriz con la que se este trabajando. Esta es una mejora técnica que requiere un a inversión de rediseño y horas de mecanizado, pero es una mejora justificable económicamente porque se va a pasar de montar

en más de 100 minutos a montar en 22 minutos y de trabajar a 40 golpes/minuto, que es la máxima velocidad a la que trabaja la prensa 15, a 60 golpes/minuto. Esta es una mejora que pertenece a la fase 4 del SMED porque las operaciones internas son las mismas en una prensa que en otra, como por ejemplo el embridaje, pero en la M-41 esta operación es más rápida porque el embridaje es hidráulico, por lo tanto, estamos reduciendo tiempos de operaciones que tenemos que hacer obligatoriamente con la máquina parada.

7.6 Estándar de SMED M-41.

Una vez implementadas las 4 fases del SMED se puede observar la evolución del tiempo de cambio, en minutos, en el siguiente gráfico:



Gráfica 1. Evolución tiempo de cambio M-41.

Es evidente que el procedimiento de cambio ha variado una vez implementadas las mejoras, por lo tanto es importante estandarizar el nuevo proceso que incluya todos los cambios realizados.

Lo que se busca estandarizando es:

- Dar instrucciones claras y simples del mejor método de cambio hasta el momento
- Incluir todas las mejoras técnicas y organizativas
- Disminuir todo lo posible las diferencias entre equipos de trabajo
- Garantizar el cumplimiento del nuevo proceso
- Que este procedimiento sea nuestro nuevo punto de partida para próximas mejoras.

Para obtener el nuevo estándar, simplemente se ha incluido todas la mejoras implementadas y hemos distribuido las tareas entre en el prensista, el logístico y el Team leader.

En los estándares de montaje y de desmontaje se obseva por un lado las acciones con la máquina en marcha y por otro lado las operaciones con la máquina parada, el responsable de que se cumpla cada acción y una ayuda visual.

Al final son instrucciones claras y sencillas, y este es el nuevo punto de partida para futuras mejoras.

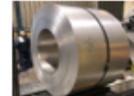
PROCEDIMIENTO -> DESMONTAJE								
Actividad EXTERNA  MÁQUINA EN MARCHA			DEVANADORA M-41 LOGÍSTICO   PRENSISTA			Actividad INTERNA  MÁQUINA PARADA		
Responsable	Accion	Visual	Responsable	Accion	Visual	Responsable	Accion	Visual
LOGÍSTICO	PREPARAR PACKAGING DE PRÓXIMO LOTE		LOGÍSTICO	RETIRAR PRODUCTO TERMINADO		PRENSISTA	CORTAR BOBINA Y RETIRAR BANDA DE LA MATRIZ	
LOGÍSTICO	PREPARAR CONTENEDOR NUEVO DE CHATARRA SI ES NECESARIO		LOGÍSTICO	RETIRAR BOBINA SALIENTE		PRENSISTA	SOLTAR HUSILLO	
LOGÍSTICO	DEJAR BOBINA ENTRANTE EN ZONA HABILITADA		LOGÍSTICO	COLOCAR BOBINA EN DEVANADORA Y AJUSTAR ENTRADA DE DEVANADORA		PRENSISTA	RETIRAR BANDA DE LA MAQUINA	
LOGÍSTICO	RECOGER MATRIZ ENTRANTE CON CARRO DE BOLAS Y DEJAR EN MESA PULMON		LOGÍSTICO	MEDIR ESPESOR DE BOBINA ENTRANTE		PRENSISTA	RETIRAR RAMPA	
TEAM LEADER	LLEVAR DOCUMENTACION DE MATRIZ ENTRANTE A MAQUINA. ORDEN, BOLETIN, PAUTA CALIDAD Y UTIL DE CONTROL		LOGÍSTICO	VACIAR CONTENEDOR DE CHATARRA SI ES NECESARIO		PRENSISTA	BAJAR PRENSA Y APAGAR BOMBA DE ACEITE	
PRENSISTA	CONTROL DE CALIDAD DE ULTIMAS PIEZAS DEL LOTE SI ES NECESARIO		LOGÍSTICO	LLEVAR EMBALAJE MATRIZ ENTRANTE		PRENSISTA	DESEMBRIDAR Y SUBIR PRENSA	
			PRENSISTA	ANOTAR PRODUCCION REALIZADA Y FICHAR EN ERP		PRENSISTA	PONER GUIAS EN MÁQUINA	
						PRENSISTA	RETIRAR MATRIZ DE LA MÁQUINA CON CARRO DE BOLAS	

Figura 25. Estánda de desmontaje M-41.

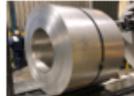
PROCEDIMIENTO -> MONTAJE								
Actividad EXTERNA  MÁQUINA EN MARCHA			DEVANADORA M-41 LOGÍSTICO   PRENSISTA			Actividad INTERNA 		
Responsable	Accion	Visual	Responsable	Accion	Visual	Responsable	Accion	Visual
LOGÍSTICO	GUARDAR MATRIZ SALIENTE CON CARROS DE BOLAS EN ESTANTERIA		PRENSISTA	CAMBIO DE PAUTA DE CONTROL Y ORDEN		PRENSISTA	COLOCAR RAMPA DE SALIDA DE LA PIEZA	
LOGÍSTICO	PREPARAR PACKAGING DE PRÓXIMO LOTE		PRENSISTA	ENTRADA DE MATRIZ EN MÁQUINA CON MESA PULMÓN		PRENSISTA	METER MATERIAL EN MÁQUINA Y MATRIZ	
LOGÍSTICO	PREPARAR CONTENEDOR NUEVO DE CHATARRA SI ES NECESARIO		PRENSISTA	RETIRAR GUIAS DE LA MÁQUINA Y LIMPIAR MATRIZ CON AIRE		PRENSISTA	SACAR PRIMERAS PIEZAS Y VERIFICAR	
LOGÍSTICO	DEJAR BOBINA ENTRANTE EN ZONA HABILITADA		PRENSISTA	BAJAR PRENSA Y EMBRIDAR		PRENSISTA	AJUSTAR HUSILLO	
LOGÍSTICO	RECOGER MATRIZ ENTRANTE CON CARRO DE BOLAS Y DEJAR EN MESA PULMON		PRENSISTA	ENCENDER BOMBA DE ACEITE		PRENSISTA	PONER ACEITE EN MATRIZ	
TEAM LEADER	LLEVAR DOCUMENTACION DE MATRIZ ENTRANTE A MAQUINA. ORDEN, BOLETIN, PAUTA CALIDAD Y UTIL DE CONTROL		PRENSISTA	SUBIR PRENSA Y DEJAR ABIERTA		PRENSISTA	FICHAR	
PRENSISTA	CONTROL DE CALIDAD DE ULTIMAS PIEZAS DEL LOTE SI ES NECESARIO		PRENSISTA	COLOCAR RAMPA DE SALIDA DE CHATARRA SI ES NECESARIO		LOGÍSTICO	TRAER CONTENEDOR NUEVO DE CHATARRA SI ES NECESARIO	

Figura 26. Estándar de montaje M-41.

8. IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO SMED EN M-76.

El caso de la M-76 es diferente a la M-41. La M-76 es una prensa excéntrica de 500 toneladas y embridaje manual. En ella se montan matrices de hasta 1500 kg y funciona a una velocidad de entre 30 y 40 golpes/minuto.

Como en la M-41, actualmente no existe un procedimiento claro de cambio. Los cambios los realiza el prensista junto con el apoyo del logístico y no se realiza ningún seguimiento a los tiempos de cambio de los utillajes en prensa. Los tiempos de cambio en la M-76 son de alrededor de 1 hora y 20 minutos.



Figura 27. Prensa excéntrica M-76.

8.1 identificar y separar operaciones en internas y externas.

Igual que en la M-41, la primera parte consiste en realizar grabaciones de los cambios para poder identificar todas las operaciones y separar en internas y externas. En la figura 28 y 29 se observa el análisis y los tiempos de cambio en esta primera fase.

Nº	PRENSISTA	I/E	T. REAL		GRAFICA	Logístico	I/E
			PARCIAL	ACUMULADO			
1	RETIRAR GIBO, RAMPA Y DETECTOR DE SALIDA DE LA PIEZA	INTERNO	00:04:30	00:04:30	00:04:30	Preparar matriz entrante	externo
2	RETIRAR BANDA DEL ALIMENTADOR	INTERNO	00:01:30	00:06:00	00:01:30	preparar bobina entrante	externo
3	LIMPIAR BANCADA Y BAJAR SOPORTE DE LA BOBINA	INTERNO	00:02:50	00:08:50	00:02:50		
4	RETIRAR BRAZO DE DETECCIÓN DE AVANCE	INTERNO	00:01:08	00:09:58	00:01:08		
5	LIMPIAR MATRIZ	INTERNO	00:03:26	00:13:24	00:03:26		
6	BAJAR SOPORTE DE LA BOBINA	INTERNO	00:01:16	00:14:40	00:01:16		
7	PONER TOPES A LA MATRIZ	INTERNO	00:02:00	00:16:40	00:02:00		
8	DESEMBRIDAR	INTERNO	00:05:10	00:21:50	00:05:10		
9	RETIRAR MATRIZ DE LA PRENSA	INTERNO	00:04:05	00:25:55	00:04:05		
10	RELLENAR PAUTA DE CONTROL, KPIS Y FICHAR		00:03:30	00:29:25	00:03:30		

Figura 28. Toma de tiempos desmontaje M-76.

Como muestra la figura 28, el desmontaje está compuesto por 10 operaciones distintas que suponen un tiempo total de desmontaje de 29 minutos y 25 segundos. También se concluye que con el estándar de desmontaje actual todas las acciones son internas, a excepción de las operaciones realizadas por el logístico, que son acciones de preparación.

Nº	PRENSISTA	I/E	T. REAL		GRAFICA	Logístico	I/E
			PARCIAL	ACUMULADO			
1	INTRODUCIR MATRIZ EN BANCADA	INTERNO	00:03:50	00:03:50	00:03:50	Cambio de bobina	interno
2	DEVOLVER CARRETILLA	INTERNO	00:00:40	00:04:30	00:00:40	Cambio de contenedor de chatarra	interno
3	FICHAR	INTERNO	00:02:50	00:07:20	00:02:50	Guardar matriz saliente	externo
4	RELLENAR KPIS Y PAUTA	INTERNO	00:03:00	00:10:20	00:03:00		
5	EMBRIDAR Y AJUSTAR PEGADA	INTERNO	00:07:34	00:17:54	00:07:34		
6	COLOCAR PISTON DE SALIDA DE PIEZA	INTERNO	00:02:13	00:20:07	00:02:13		
7	INTRODUCIR BOBINA EN ALIMENTADOR Y PROGRAMAR ALIMENTADOR	INTERNO	00:06:06	00:26:13	00:06:06		
8	MEDIR ESPESOR DE LA BOBINA	INTERNO	00:01:03	00:27:16	00:03:54		
9	COLOCAR RAMPA DE SALIDA DE LA PIEZA	INTERNO	00:03:54	00:31:10	00:01:03		
10	LIMPIAR MATRIZ Y LUBRICAR	INTERNO	00:03:40	00:34:50	00:03:40		
11	PROGRAMAR PRENSA	INTERNO	00:01:20	00:36:10	00:01:20		
12	INTRODUCIR BOBINA EN MATRIZ Y AJUSTAR	INTERNO	00:08:45	00:44:55	00:08:45		
13	SACAR PRIMERAS PIEZAS Y MEDIR	INTERNO	00:02:30	00:47:25	00:02:30		
14	AJUSTAR EL BRAZO DE DETECCION DE AVANCE DE LA PIEZA	INTERNO	00:02:17	00:49:42	00:02:17		
15	FICHAR	INTERNO	00:00:40	00:50:22	00:00:40		

Figura 29. Toma de tiempo montaje M-76.

En la figura 29 observamos como el montaje esta compuesto por 15 operaciones realizadas por el prensista y 3 operaciones realizadas por el logístico. Todas las operaciones son con la máquina parada, a excepción de una, guardar la matriz saliente. El tiempo total de montaje es de 50 minutos y 22 segundos.

El tiempo total de cambio (desmontaje y montaje) es de 1 hora 21 minutos y 31 segundos.

8.2 Convertir operaciones internas en externas

8.2.1 Órdenes de fabricación y pautas/útiles de control.

De forma muy similar a la M-41, en la grabación de la M-76 se observa que el prensista busca las ordenes de fabricación, las pautas de control y los útiles de control con la máquina parada, aumentando el tiempo de montaje.

Actualmente, como muestra la figura 30, el prensista no dispone de una mesa donde pueda depositar los útiles de control, la documentación entrante/saliente y donde pueda rellenar la documentación. Además, este problema ralentiza los montajes y desmontajes porque el prensista tiene que realizar desplazamientos más largos para poder fichar y recopilar documentación.



Figura 30. Puesto de trabajo previo a implantación del proyecto.

La solución adoptada para poder externalizar estas operaciones es dotar a la prensa 76 de una mesa de trabajo donde está ubicado:

- Documentación entrante/saliente.
- Herramientas y útiles de control entrantes/salientes.

La mesa va a reducir los desplazamientos del prensista cuando tenga que realizar fichajes y recopilar documentación.

Además, la mejora de la mesa también es una mejora de la fase 3 del proyecto, ya que mejora las 5`s de la prensa, porque ahora el prensista tiene un lugar donde poder dejar pautas de control, ordenes de fabricación y herramientas utilizadas para los cambios.



Figura 31. Mesa de documentación M-76.

Además junto con la mejora de la mesa, se ha realizado una mejora ergonómica, ya que Actualmente el prensista utiliza una tarima que tiene que desplazar durante los montajes y desmontajes. La tarima es muy pesada y no tiene ruedas, por lo tanto, es costosa de desplazar y poco ergonómica (figura 32)



Figura 32. Tarima previa la implementación del proyecto.

Se ha equipado la prensa con una tarima más ligera y con ruedas para que se pueda mover con mayor facilidad durante los montajes y desmontajes ganando ergonomía(figura 33)



Figura 33. Tarima posterior a la implementación del proyecto.

8.3 Organizar operaciones externas.

Se ha realizado 5`s del puesto de trabajo. Como se muestra en la figura 31, hemos aprovechado la mesa de la mejora de la documentación para realizar 5`s del puesto de trabajo. En ella estan ubicadas e identificadas todas las herramientas más utilizadas para realizar los cambios y toda la documentación necesaria para trabajar.

8.4 Reducir tiempos de operaciones internas.

8.4.1 Mejora del sistema de apriete del sensor de avance de bobina.

Actualmente el prensista pierde tiempo de montaje y desmontaje apretando el brazo de detección de avance de la bobina porque la tuerca trasera gira solidaria con el tornillo. El prensista tiene que fijar la tuerca trasera con un brazo y ajustar el tornillo con el otro brazo para poder ajustar la posición del sensor. Esta es una operación que obligatoriamente se tiene que hacer con la máquina parada, ya que el ajuste del sensor de avance de la bobina se tiene que realizar al final del ajuste de la bobina en la matriz y es diferente para cada matriz.

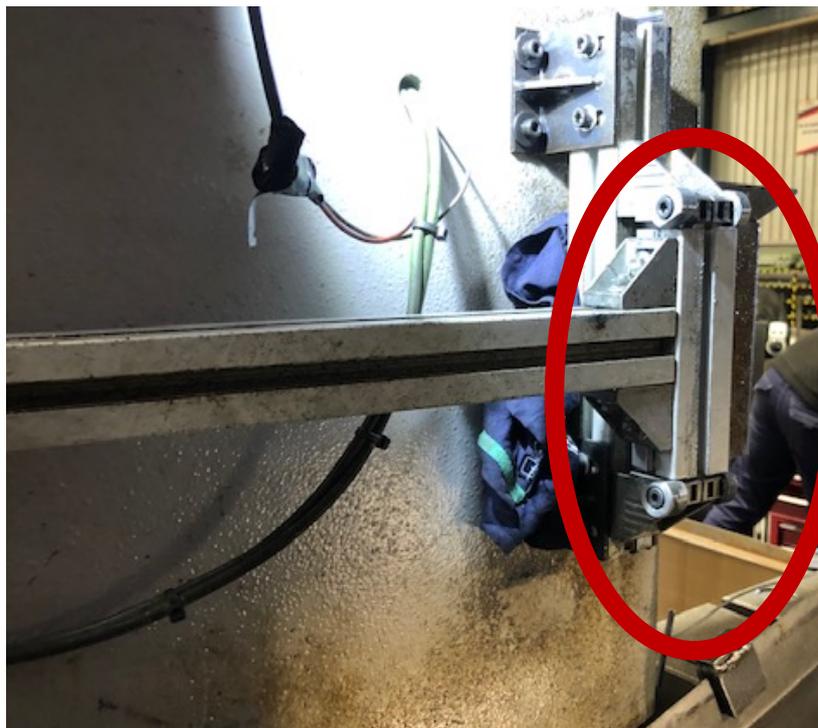


Figura 34. Brazo de sensor de avance de bobina.

Para mejorar este sistema de ajuste se ha cambiado el brazo (figura 34) y se ha instalado uno de apriete rápido que permita al prensista ajusta el brazo de una manera más sencilla y rápida.

8.4.2 Apoyo SMED.

La mejora más importante del proyecto SMED en la M-76 es una mejora organizativa. Se ha creado la figura de apoyo SMED, que suele ser el Team Leader. Ahora parte del montaje en lugar de ser con una persona, lo realizan dos, permitiendo disminuir de manera significativa los tiempos de las operaciones internas. Acciones como limpiar matriz y bancada, embridar, engrasar columnas son acciones que se tienen que hacer con la máquina parada y con la ayuda del apoyo SMED, su tiempo de ejecución se reduce casi a la mitad.

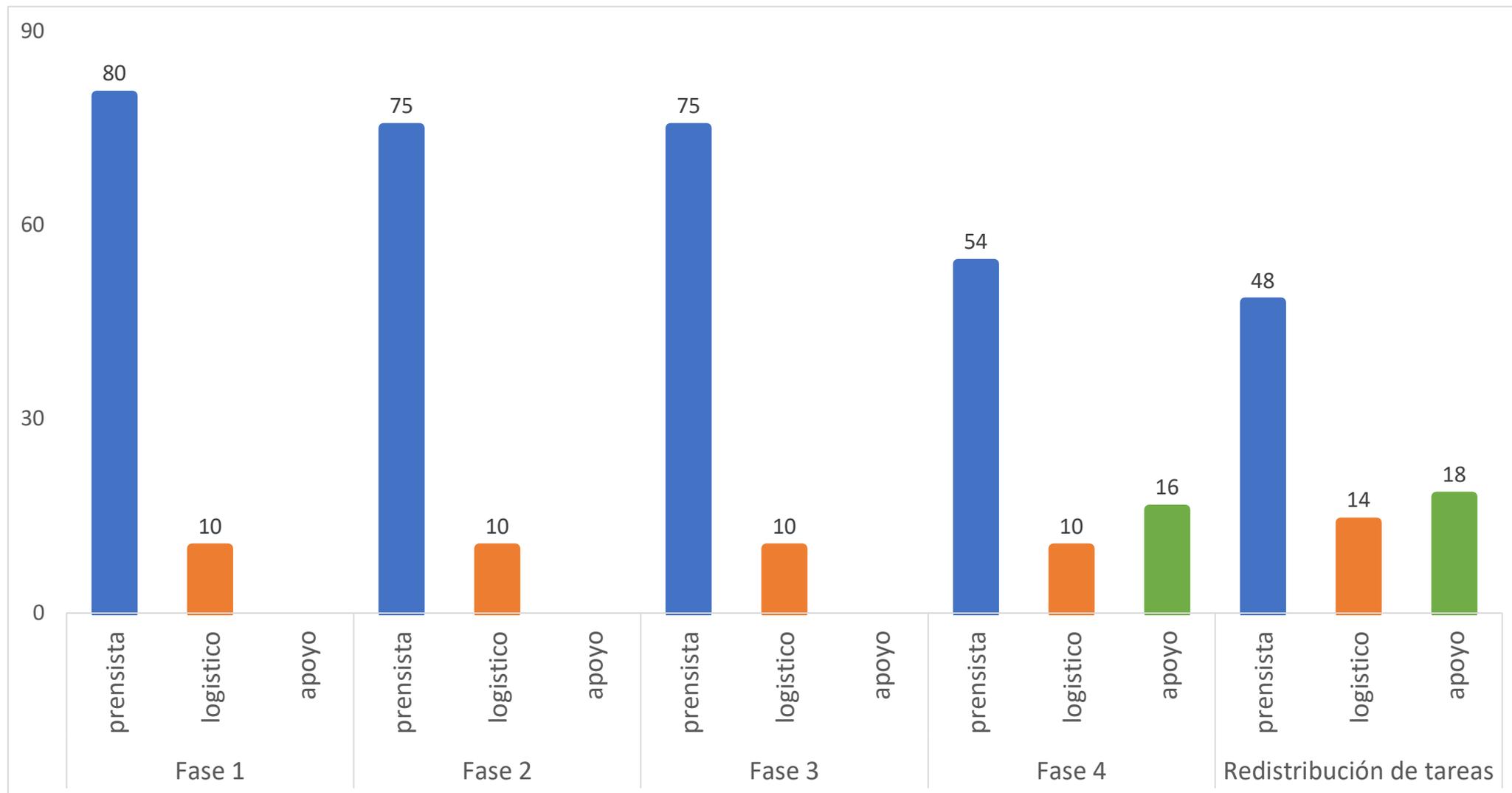
Una vez concluida la fase 4 solo nos queda estandarizar el proceso de montaje. Llegados a este punto se ha detectado que aún es posible optimizar el tiempo de cambio realizando una redistribución de tareas entre el prensista, logístico y apoyo SMED. La suma del tiempo de las operaciones que realiza el prensista es el tiempo total de cambio, por lo que, podemos reasignar acciones del prensista al apoyo SMED y al logístico, sin que hayan solapes entre ellas, para así poder reducir aún más el tiempo de cambio y obtener el estándar óptimo.

A partir de ahora el logístico realizará las siguientes acciones:

- Introducir la bobina en el alimentador.
- Programar el alimentador.
- Medir el espesor de la bobina para asegurarse que es el correcto.

Además, a partir de ahora será el apoyo SMED quien coloque el pistón de salida de pieza y no el prensista.

En la siguiente gráfica se muestra la evolución del tiempo de cambio en cada fase. En azul se ve el tiempo que supone la suma de las operaciones que realiza el prensista (tiempo total de cambio), en naranja se ve la suma del tiempo de las operaciones que realiza el logístico y en verde las del apoyo SMED.



Gráfica 2. Evolución tiempo de cambio M-76.

Al inicio del proyecto, como se observa en el gráfico 1, tiempo de cambio era de 50 minutos.

Tras la fase dos, después de haber realizado las mejoras técnicas y organizativas, el tiempo de cambio se ha reducido a 75 minutos. Esto supone una mejora del 6,25%.

Como ya se ha explicado anteriormente la fase 3 no supone una reducción directa del tiempo.

La fase 4 es la fase donde se ha experimentado una mayor reducción de tiempo con la introducción del apoyo SMED suponiendo la disminución del tiempo de las operaciones internas. El tiempo de cambio ahora es de 54 minutos lo que supone una mejora del 32,5% respecto al tiempo de la fase 1 y 28% respecto a la fase 2.

Después de la redistribución de las tareas se puede observar como el tiempo de cambio se ha reducido hasta 48 minutos. Esto supone una mejora del 40% respecto el inicio y de casi el 11% respecto la fase 4.

A diferencia de la M-41, en la M-76 apenas se han realizado mejoras técnicas, en su gran mayoría han sido mejoras únicamente organizativas. Esto nos hace llegar a la conclusión de que para mejorar no siempre es necesario realizar grandes inversiones técnicas, sino que, simplemente con mejoras organizativas, sencillas y de baja inversión podemos reducir los tiempos hasta en un 40%.

8.5 Estándar SMED M-76.

De la misma manera que en la M-41 se ha estandarizado el nuevo proceso de montaje y desmontaje.

Las figuras 35 y 36 muestran el procedimiento estándar de desmontaje y montaje respectivamente.

Usando un formato común a la M-41, se ha estandarizado el montaje de manera sencilla donde se pueden ver:

- Las acciones que se hacen con la máquina parada.
- Las acciones que se hacen con la máquina en marcha.
- Quien realiza cada acción.

El último paso para terminar el proyecto es la obtención del tiempo estándar de cambio de todas las matrices en las M-76.

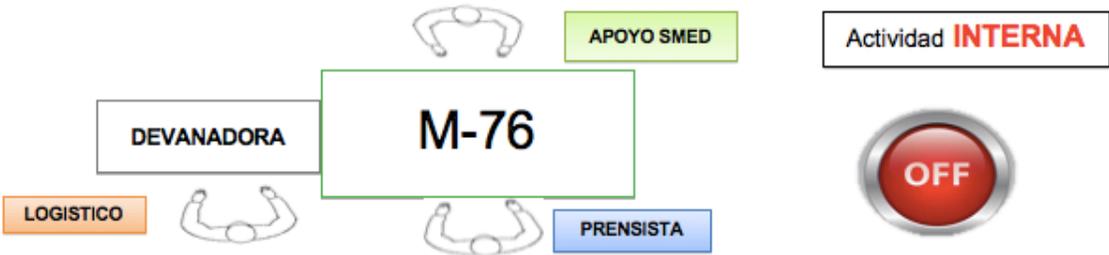
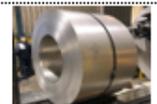
PROCEDIMIENTO -> DESMONTAJE								
Actividad EXTERNA 						Actividad INTERNA 		
Responsable	Accion	Visual	Responsable	Accion	Visual	Responsable	Accion	Visual
PRENSISTA	RELLENAR KPI'S		PRENSISTA	MEDIR ÚLTIMA PIEZA BUENA DEL LOTE Y RELLENAR PAUTA DE CONTROL		APOYO SMED	LIMPIAR PARTE TRASERA DE LA PRENSA Y MATRIZ	 Cleaning
APOYO SMED	PREPARAR MATRIZ ENTRANTE		PRENSISTA	RETIRAR BANDA, LIMPIAR MATRIZ Y BANCADA	 Cleaning	APOYO SMED	PONER TOPES MATRIZ Y DESEMBRIDAR	
APOYO SMED	PREPARAR DOCUMENTACIÓN ENTRANTE (ORDEN Y PAUTA DE CONTROL)		PRENSISTA	RETIRAR RAMPA DE SALIDA DE PIEZA		APOYO SMED	RECOGER CARRETILLA	
APOYO SMED	PREPARAR ÚTIL DE CONTROL ENTRANTE		PRENSISTA	RETIRAR DETECTOR DE SALIDA DE PIEZA		LOGÍSTICO	RETIRAR BOBINA SALIENTE	
LOGÍSTICO	PREPARAR BOBINA ENTRANTE		PRENSISTA	PONER TOPES A LA MATRIZ Y DESEMBRIDAR				
LOGÍSTICO	PREPARAR PACKAGING DEL PRÓXIMO LOTE		PRENSISTA	RETIRAR MATRIZ DE LA PRENSA				
LOGÍSTICO	PRAPAR CONTENEDOR NUEVO DE CHATARRA SI ES NECESARIO							

Figura 35. Estándar de desmontaje M-76.

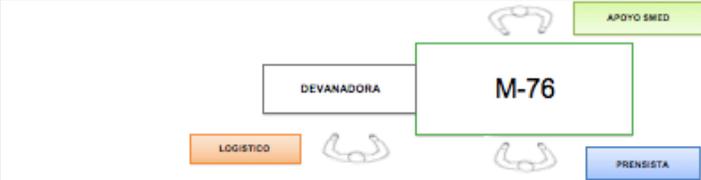
PROCEDIMIENTO -> MONTAJE											
Actividad EXTERNA  MÁQUINA EN MARCHA									Actividad INTERNA  MÁQUINA PARADA		
Responsable	Acción	Visual	Responsable	Acción	Visual	Responsable	Acción	Visual	Responsable	Acción	Visual
PRENSISTA	RELLENAR KPI'S		PRENSISTA	INTRODUCIR MATRIZ EN MÁQUINA		APOYO SMED	EMBRIDAR PARTE TRASERA DE LA PRENSA		LOGÍSTICO	METER BOBINA EN DEVANADORA	
APOYO SMED	PREPARAR MATRIZ ENTRANTE		PRENSISTA	BAJAR PRENSA		APOYO SMED	ENGRASAR PARTE TRASERA DE LAS COLUMNAS		LOGÍSTICO	CARGAR PROGRAMA EN LA DEVANADORA	
APOYO SMED	PREPARAR DOCUMENTACIÓN ENTRANTE (ORDEN Y PAUTA DE CONTROL)		PRENSISTA	EMBRIDAR PARTE DELANTERA DE LA MATRIZ (EMBRIDAR, RETIRAR TOPE)		APOYO SMED	PONER PISTON DE SALIDA DE LA PIEZA		LOGÍSTICO	INTRODUCIR BOBINA EN ALIMENTADOR	
APOYO SMED	PREPARAR ÚTIL DE CONTROL ENTRANTE Y RETIRAR ÚTIL DE CONTROL SALIENTE		PRENSISTA	ENGRASAR PARTE DELANTERA DE LAS COLUMNAS		APOYO SMED	PONER BARRERAS DE SALIDA DE LA CHATARRA		LOGÍSTICO	AJUSTAR ANCHO DE BANDA DEL ALIMENTADOR	
LOGÍSTICO	PREPARAR BOBINA ENTRANTE		PRENSISTA	COLOCAR DETECTOR DE SALIDA DE LA PIEZA Y AJUSTAR PEGADA		APOYO SMED	COLOCAR CONTENEDOR DE LA CHATARRA		LOGÍSTICO	MEDIR ESPESOR DE LA BOBINA	
LOGÍSTICO	PREPARAR PACKAGING DEL PRÓXIMO LOTE		PRENSISTA	PROGRAMAR PRENSA		APOYO SMED	COLOCAR RAMPAS DE SALIDA DE LA CHATARRA Y PIEZA		LOGÍSTICO	VACÍAR, SI ES NECESARIO, CONTENEDOR DE CHATARRA	
LOGÍSTICO	PRAPAR CONTENEDOR NUEVO DE CHATARRA SI ES NECESARIO		PRENSISTA	REVISAR PROGRAMA Y PARÁMETROS DEL ALIMENTADOR		APOYO SMED	PREPARAR GIBO				
			PRENSISTA	INTRODUCIR BOBINA EN MATRIZ		APOYO SMED	DEVOLVER CARRETILLA				
			PRENSISTA	AJUSTAR BOBINA EN MATRIZ							
			PRENSISTA	SACAR PRIMERAS PIEZAS Y MEDIR							
			PRENSISTA	AJUSTAR DETECTOR DE AVANCE DE LA BOBINA							
			PRENSISTA	CAMBIO DE CLAVE							

Figura 36. Estándar de montaje M-76.

9. KPI'S SMED.

La parte más difícil y al mismo tiempo más importante del proyecto es el poder mantener las mejoras en el tiempo y que no sean efímeras o que duren unos pocos meses. Para ello es imprescindible hacer un seguimiento diario y asegurarse que se cumplen los estándares de montaje y desmontaje. También es importante estar en contacto directo con la planta para poder seguir detectando ineficiencias y analizar si tiene alguna solución.

Para ello se ha creado una plantilla (figura 37) de recogida de datos donde los prestatas anotan manualmente todos los tiempos de parada de máquina superior a cinco minutos durante la producción. El resto de paradas inferiores a cinco minutos serán consideradas como microparadas directamente relacionadas con el rendimiento de la máquina y no con la disponibilidad.

En la plantilla se puede ver el número de orden, la fecha, la referencia y el número de operario junto con los catorce tipos de paros, entre ellos el montaje y desmontaje.

Las filas donde anotan los tiempos de montaje y desmontaje, son filas que pertenecen al SMED, es decir, ahí apuntan el tiempo de montaje y en esa misma fila también apuntan, si fuese necesario, todo el tiempo perdido durante el cambio que les ha impedido llegar al tiempo estándar de cambio. El resto de filas corresponden a paradas durante la producción.

Los tipos de paros durante los cambios de matriz son:

- CBOB: Cambio de bobina. Por ejemplo, el montaje se alarga más allá del tiempo estándar porque la bobina no estaba preparada debido a un fallo organizativo.
- EPC: Espera de carretilla.
- REX: Problemas relacionados con salida de pieza (rampa, expulsores, etc) o evacuación de chatarra.
- OTROS: Pequeñas paradas no identificadas o que no pertenecen a las anteriores.

ALCANTARA		INCIDENCIAS PRODUCCION - OBTENCION KPI'S																
PRENSA		41																
NO ANOTAR PARADAS MENOR DE 5 MINUTOS				CAMBIO UTILLAJE		PAROS DURANTE PRODUCCION												OBSERVACIONES
ORDEN	FECHA	REFERENCIA	OPERARIO	1. MON	2. DES	3. CBOB	4. CCOMP	5. EPG	6. EPC	7. CAL	8. AMA	9. DEV	10. AUT	11. REX	12. OTROS	APOYO SMED		
92369	15-12-21	56094020 2300190	116	21'														BOBINA EXTRAÑE
11	11	11	11	8'														
92367 92368	15-12-21	56094020 2300190	116	13'														INICIO DE BOBINA.
11	11	11	11										6'					CHATARRA
11	11	11	11	8'														
92224	15-12-21	82245498	116	?														AJUSTAR CON MTD.
92224	16-12-21	11	11	115'														PROBLEMAS DE ALIMENTACION
11	11	11	11										32'					BLOQUEO DE BANDA

Figura 37. Ejemplo de plantilla de recogida de datos.

Todas las mañanas se hace una recogida de datos y se analiza si se ha llegado al tiempo estándar, y si no se ha conseguido, por qué no. Es fundamental realizar este análisis buscando siempre la causa-raíz de las ineficiencias, con el objetivo de mejorar continuamente. ¿Por qué no se ha cumplido el estándar?, ¿Se Podría haber hecho mejor?, ¿Qué se va a hacer para solucionarlo y que no vuelva a ocurrir? Estas son el tipo de preguntas que nos hacemos diariamente con el objetivo de solucionar problemas y dar las herramientas necesarias a los operarios para poder alcanzar los estándares de cambio.

Después de la recogida de datos y su análisis oportuno, se reflejan los datos a través de unos KPI's donde se reportan los datos productivos diarios.

En el caso del SMED los KPI's son dos.

KPI'S SMED M-41

Es es el primero de nuestros Kpi's y son indicadores genéricos donde se puede observar las siguientes gráficas:

- Tiempo medio de montaje: esta gráfica muestra el tiempo medio de montaje diario. La gráfica en azul esta el tiempo medio de montaje del día y en verde esta el tiempo de montaje objetivo. El objetivo es el promedio de los tiempos estandares de montaje, obtenido a través de una grabación y un análisis de tiempo. También podemos ver el número de montajes durante el día en gráfico de barras. Por ejemplo, el día 26 de noviembre se han realizado 3 montajes con un objetivo de 25 minutos y un tiempo medio de montajes de 25 minutos, por lo tanto, se cumplió el tiempo estándar y ese día no hubieron "pérdidas" durante los montajes.
- NO SMED: en esta gráfica se observa dónde hemos perdido tiempo para no alcanzar el objetivo. Por un lado se ve la gráfica diaria y por otro, el acumulado del año.
- Tiempo medio de desmontaje: De la misma manera que en el montaje, en esta gráfica se muestran los datos de los desmontajes
- %Cumplimiento mensual Montaje/Desmontaje: En este grafico se analiza el porcentaje de cumplimiento del estándar, siendo el 100% si hemos realizado todos los cambios en tiempo estándar, tanto mensualmente, como el acumulado. En azul se observa los resultados del cumplimiento del montaje y en naranja los del desmontaje. Este apartado de los KPI's permite observar la evolución a lo largo de los meses.

De este indicador se extrae información muy útil para continuar mejorando. Por ejemplo, en el mes de noviembre se ha perdido tiempo por espera de carretilla debido a la carretilla con la que se mueven las matrices estaba averiada por un problema en la rueda motor. Tras este problema se ha propuesto al departamento de mantenimiento de máquinas la compra de una rueda de repuesto para evitar que vuelva a ocurrir el mismo problema.

De estos indicadores, además de obtener información valiosa que nos hace mejorar, con su obtención se garantiza la permanencia en el tiempo de las mejoras y el cumplimiento del estándar.

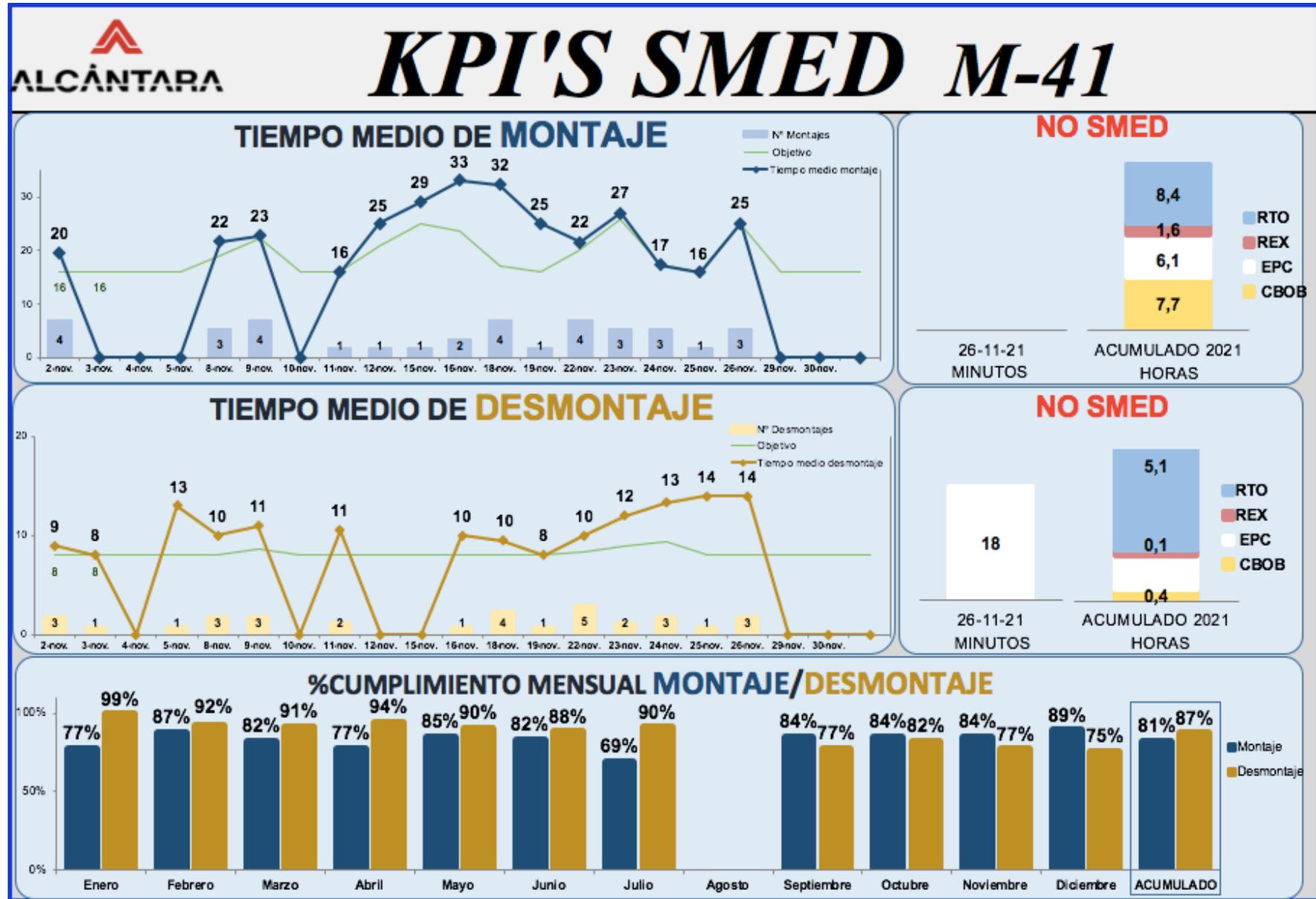


Figura 38. KPI's SMED M-41.

TIEMPO AHORRO SMED

En este KPI se indica las horas de ahorro desde el inicio del proyecto SMED. Para la obtención de las horas de ahorro se compara el tiempo medio de montaje histórico de cada matriz previo al proyecto SMED, con el tiempo de montaje de cada matriz con el nuevo procedimiento de cambio después de la realización del proyecto.

En este indicador se ve el tiempo ahorrado en horas, cada mes en cada máquina y en el centro, el tiempo total ahorrado desde el inicio del proyecto.

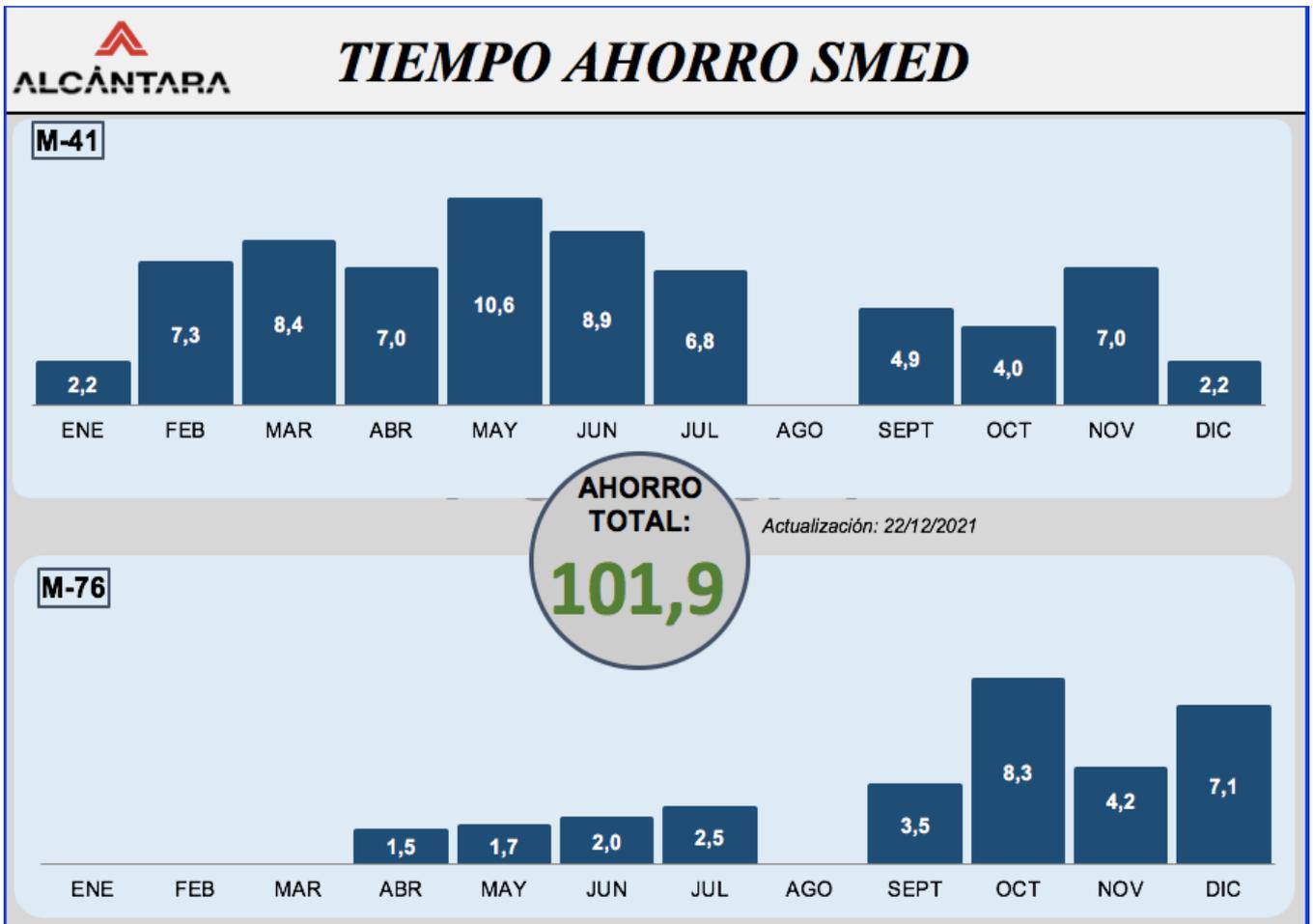


Figura 39. Tiempo ahorro SMED.

10. RESULTADOS.

Para analizar los resultados se van a mostrar distintos indicadores que permitan valorar y obtener conclusiones sobre el impacto que ha generado el proyecto SMED en la empresa.

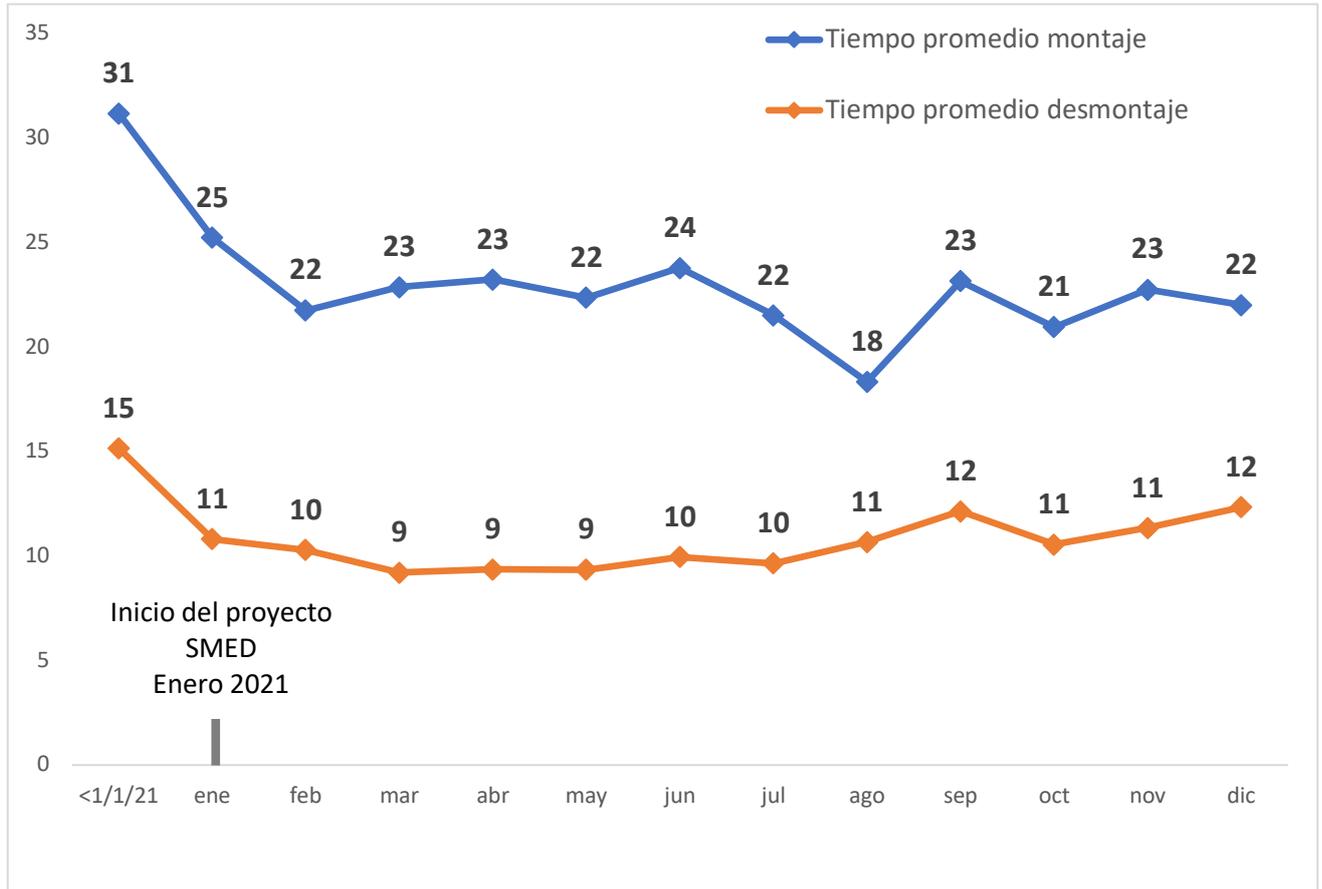
El primer dato es el que se puede ver en la figura 39, del tiempo ahorro de SMED. El indicador muestra que en 2021, se ha ahorrado un total de 101,9 horas en montajes y desmontajes con respecto a 2020. Estas 101,9 horas se traducen directamente en costes ahorrados.

Son 101,9 horas que la máquina ha estado trabajando de más con respecto a 2020 gracias al ahorro de tiempo en los cambios de utillaje.

Hay que tener en cuenta, que el proyecto se inició primero en la M-41 y que hasta que no se obtiene el tiempo estándar de cada matriz no se empieza a contabilizar su ahorro, porque como ya se ha explicado antes, se compara el tiempo de cambio, una vez obtenido su tiempo de montaje estándar, con el histórico de cambio previo al proyecto SMED, por lo que el tiempo total de ahorro es mayor al que muestra el indicador porque en los primeros meses del proyecto, ya se aplicaba el nuevo procedimiento estándar pero no contabilizaban las horas de ahorro hasta que no se hubiese grabado y obtenido el tiempo estándar de cada matriz.

Otra forma de analizar los resultados es con la evolución del tiempo medio de montaje y desmontaje.

En el gráfico 3 puede observar como ha evolucionado el tiempo medio de montaje y desmontaje en la M-41.



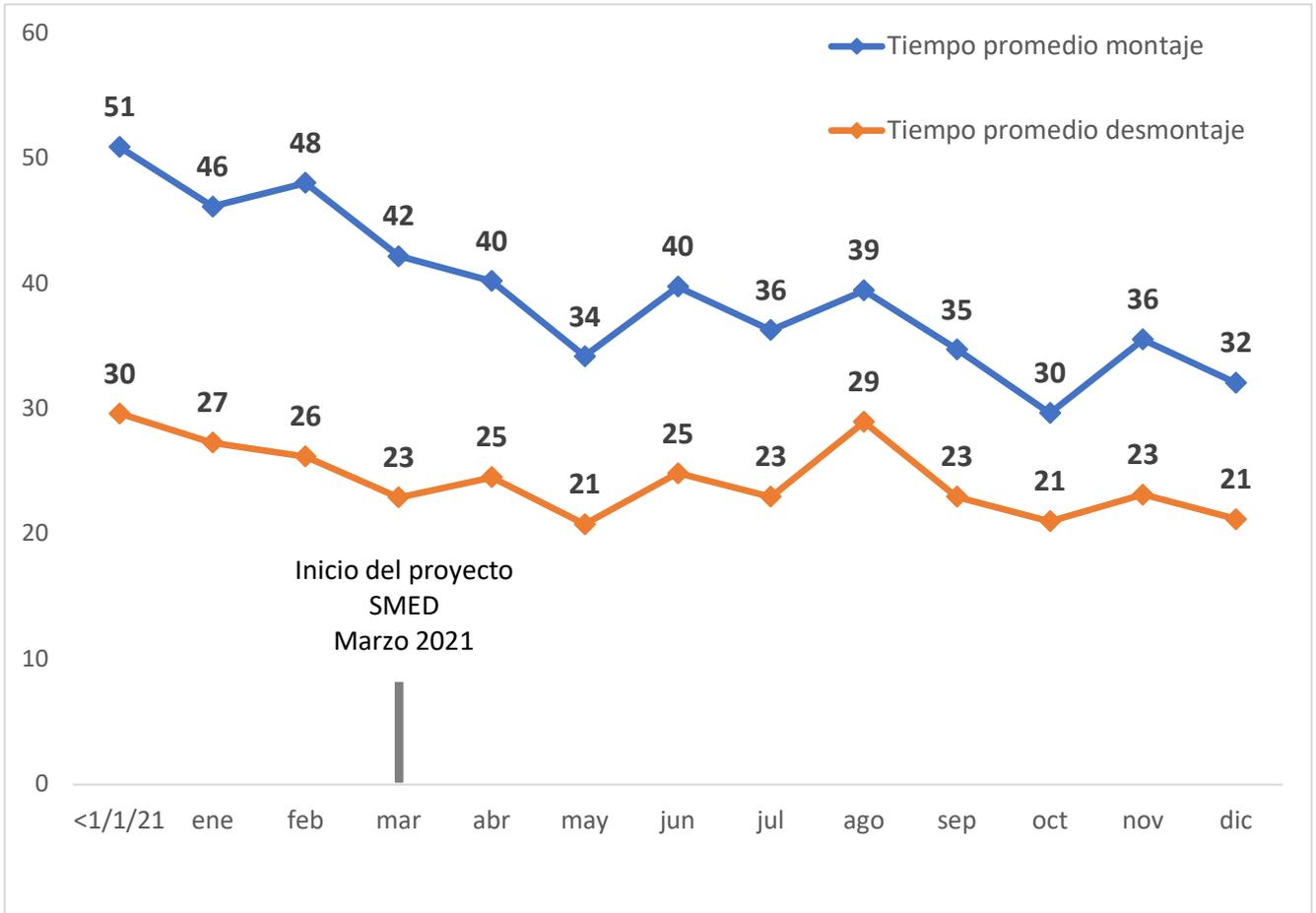
Gráfica 3. Evolución tiempo de montaje y desmontaje M-41.

Se puede ver como el tiempo medio de montaje antes del inicio del proyecto era de 31 minutos y en los 11 meses posteriores a la implementación de las mejoras, el tiempo medio montaje es de 22 minutos, lo que supone una mejora media de 9 minutos por montaje.

En cambio, en el desmontaje hemos pasado de 15 minutos de media de desmontaje a un promedio de 10 minutos en los últimos 11 meses. Esto supone una mejora de 5 minutos por desmontaje.

Según estos datos hemos mejorado un 30% los tiempos de cambio.

En el gráfico 4 se puede observar también la evolución de los tiempos de montaje y desmontaje en la M-76.



Gráfica 4. Evolución tiempo de montaje y desmontaje M-76.

Estos datos muestran como la tendencia de los tiempos de cambio es descendiente. El tiempo medio de montaje previo al proyecto SMED era de 47 minutos, mientras que el tiempo medio de montaje de los últimos 9 meses con las mejoras ya implementadas es de 36 minutos. Esto nos indica un ahorro de 11 minutos por montaje.

Por otro lado, el tiempo medio de desmontaje previo a la implementación del SMED era de 27 minutos, mientras que, en los últimos 9 meses, el tiempo medio de desmontaje es de 23 minutos. Esto es un ahorro de 4 minutos por desmontaje.

Estos datos nos indican una mejora del 22%.

Es cierto, que la evolución es favorable y el equipo de montaje en la M-76 ha ido poco a poco trabajando conforme al nuevo estándar de cambio y una clara evidencia de

eso es que en los últimos 3 meses de 2021 la media de montaje ha sido de 33 minutos contra los 51 minutos de media en todo 2020.

Otro dato que se puede analizar es ver la variación de la disponibilidad de la máquina. Como se ha explicado en el capítulo 2, el proyecto nace de la necesidad de aumentar la disponibilidad de las máquinas en la empresa, por lo tanto, es importante cuantificar el impacto que ha podido tener el proyecto en este campo.

En la M-41 los datos de la disponibilidad de máquina son los siguientes.

Disponibilidad M-41	
Disponibilidad promedio antes del SMED	62,83%
Disponibilidad promedio después del SMED	68,46%

Tabla 1. Disponibilidad M-41.

La disponibilidad de máquina antes del proyecto SMED era del 62,83% y la disponibilidad media después del proyecto es del 68,46%. Esto supone una mejora de casi 7 puntos.

Mientras que los datos de la disponibilidad de la en la M-76 se pueden ver en la siguiente tabla.

Disponibilidad M-76	
Disponibilidad promedio antes del SMED	58,70%
Disponibilidad promedio después del SMED	61,53%

Tabla 2. Disponibilidad M-76.

La mejora de la disponibilidad de máquina después de la implantación del proyecto SMED en la M-76 es de casi el 3%.

A la hora de analizar los datos de la disponibilidad de máquina hay que tener en cuenta dos aspectos diferentes.

Por un lado, los cambios de matriz en prensa son tiempos de parada de máquina que no va a ser posible eliminar y los montajes y desmontajes siempre van a provocar una bajada de la disponibilidad de máquina, pero el objetivo es que el impacto que causa el cambio de utillaje en la prensa sea el menor posible.

También cabe añadir que no toda la mejoría de la disponibilidad es debido al SMED, este año también se ha mejorado el sistema de TPM de las prensas, por lo que una mejora del mantenimiento también ha influido en la disminución del tiempo de parada de máquina por avería de máquina y por lo tanto, un aumento en la disponibilidad.

11. CONCLUSIONES.

Se partía de la necesidad de aumentar la disponibilidad de las máquinas debido al elevado número de cambios de matriz en las prensas y después de la aplicación del proyecto SMED se puede observar el aumento de la disponibilidad de máquina (Tablas 1 y 2), lo que nos lleva a la conclusión que el proyecto ha supuesto una solución parcial al problema del que partimos. Decimos que es una solución parcial porque no se puede eliminar el total del tiempo de cambio, si no que se busca que el impacto sea el menor posible y porque el total de los problemas de disponibilidad no son unicamente debidos a paradas por cambios de utillaje. Hay más factores que influyen como puede ser las averías de máquina.

Como se ha explicado en el punto 6.2.2 el SMED tiene efectos en los siguientes aspectos:

- Aspectos productivo.
- Organizativos y equipo de trabajo.
- Costes operativos.

Se puede afirmar que en la ejecución de este proyecto se ha conseguido efectos a todos los niveles esperados.

1. Se ha conseguido implementar unas mejoras técnicas y organizativas y mantenerlas en el tiempo gracias a un proceso de recogida y análisis de datos muy robusto. Esto tiene una clara influencia a nivel productivo y a nivel de costes operativos como muestran los indicadores y resultados mostrados en los capítulos 9 y 10.

2. El proyecto ha permitido trabajar de manera más eficaz, simple y automática, gracias a la estandarización, proporcionando la posibilidad de ser más competitivos, aumentando nuestra flexibilidad y capacidad de respuesta. Esto tiene una influencia directa en la forma de trabajar de nuestro equipo de trabajo.

También es cierto que esta no es la solución definitiva, y que en un futuro se va a poder seguir mejorando a medida que surjan nuevas tecnologías y técnicas de cambio. Pero este proyecto y todas estas mejoras serán la base y nuestro nuevo punto de partida en un futuro.

Bloque II: Pliego de condiciones.

1. INTRODUCCIÓN.

En este bloque se describirán las condiciones de ejecución del proyecto una vez implementadas las mejoras.

2. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN.

2.1 Descripción.

La ejecución del proyecto deber realizarse de manera diaria siempre que se realicen cambios de matriz en prensa.

El equipo de trabajo, por norma general, debe seguir el procedimiento de montaje y desmontaje reflejado en los estándares situados en cada puesto de trabajo. Como se ha explicado previamente, el estándar de montaje y desmontaje son instrucciones claras y sencillas que muestran las tareas que debe hacer cada uno y la mejora manera de proceder en cada cambio de matriz.

2.2 Control.

Para el control del cumplimiento del estándar de montaje y desmontaje, todos los días se recogerán las plantillas de recogida de datos donde, el prensista, anota de manera manual los tiempos de montaje y desmontaje y, si fuera necesario, los motivos por los que no ha podido cumplir el procedimiento de cambio o si ha tenido algún problema durante el desmontaje/montaje. Si el prensista realiza el montaje en el tiempo estándar establecido, se entiende que se ha cumplido el procedimiento de cambio que es el que permite realizar los cambios en tiempo.

Todas las mañanas se analiza si se han cumplido o no los procedimientos y en caso de no se hayan cumplido, buscar la causa-raíz para solucionar los problemas y evitar que no vuelva a ocurrir.

Por último los datos, son mostrados en los KPI's donde se reflejan los tiempos de cambio comparados con los tiempo estándares y los motivos por los cuales no se ha conseguido alcanzar el tiempo estándar establecido.

Bloque III: Presupuestos.

1. INTRODUCCIÓN.

En este bloque se va a realizar una estimación de costes de la realización del proyecto y los beneficios económicos obtenidos.

En base a los resultados de coste/beneficio se mostrarán las conclusiones en términos económicos.

Para la estimación de los costes, se ha realizado un presupuesto. Por una parte el trabajo realizado por un estudiante de ingeniería en prácticas. Y por otra parte la adquisición de los distintos materiales/herramientas necesarios para la correcta realización de dicho proyecto. El coste total será la suma de dichos costes parciales.

No se considera el valor de los elementos que componen los sistemas propios de las instalaciones de la compañía, como las instalaciones de abastecimiento de agua, de climatización, de seguridad, de suministro de combustible, eléctrico, etc., ya que todos ellos estaban disponibles desde antes de la realización del presente trabajo. Tampoco se tendrá en cuenta el precio del material reutilizado de manera interna por la empresa. Por tanto para la elaboración del presupuesto se han tenido en cuenta toda la compra de material y mano de obra necesaria para su realización en horas de trabajo:

- Mano de obra directa. Este grupo de costes se corresponde con el gasto del personal que ha estado dedicado al proyecto. Será valorado por fracción de tiempo aplicándosele el precio en Euro/h. Técnico de mantenimiento de máquinas y becario.
- Material fungible. En este grupo de costes se ha incluido el material no amortizable que ha sido íntegramente consumido y utilizado en la realización del proyecto.

Este presupuesto se muestra en los siguientes capítulos. Para ello, se ha estimado un precio por hora de ingeniero en prácticas de 3,75€/h.

2. PRESUPUESTO M-41.

La inversión en las mejoras de la M-41 se muestra en la siguiente tabla.

Mejora	Horas [h]	Precio [€/h]	Material	Coste total de la mejora
Ordenes de fabricación pautas/útiles de control de calidad				-€
Mesa-pulmón	12,00	20,00€		240,00€
5`s M-41				-€
Reubicación matrices				-€
Salida de aire	3,33	20,00€	167,50€	170,83€
Rampa de salida de pieza	1,00	20,00€	5,50€	25,50€
TOTAL				499,67€

Tabla 3. Presupuesto M-41.

Para la obtención del coste de la mano de obra se multiplicará el tiempo empleado por el técnico de mantenimiento de máquinas por su tasa horaria. Se ha estimado un precio por hora de mano de obra de 20€/h.

La estimación de ahorro de coste por cada mejora se puede observar en la tabla 4.

Mejora	Estimación ahorro coste anual
Ordenes de fabricación pautas/útiles de control de calidad	214,00€
Mesa-pulmón	3.514,00€
5`s M-41	- €
Reubicación matrices	- €
Salida de aire	302,00€
Rampa de salida de pieza	- €
TOTAL	4.030,00 €

Tabla 4. Estimación ahorro M-41.

Para el cálculo de la estimación de ahorro por coste anual en cada mejora, nos basamos en la estimación de ahorro de tiempo anual que supondría la mejora (dato obtenido del análisis de las grabaciones y la base de datos de la empresa) multiplicado por la tasa horaria de máquina y operario.

3. PRESUPUESTO M-76.

De la misma manera que en la M-41, en la tabla 5, se muestra las inversiones realizadas en las mejoras del proyecto.

Mejora	Horas [h]	Precio [€/h]	Material	Coste total de la mejora
Ordenes de fabricación pautas/útiles de control de calidad	5,00	20,00 €		100,00 €
Tarima M-76	4,00	20,00 €		80,00€
Nuevo sensor de avance de bobina	1,00	20,00 €	40,00€	60,00€
Nuevo estándar de cambio				- €
TOTAL			241,09 €	

Tabla 5. Presupuesto M-76.

De igual manera que en la M-41, el precio por hora estimado de mano de obra es de 20€/h.

La estimación de ahorro en cada mejora se muestra en la siguiente tabla.

Mejora	Estimación ahorro coste anual
Ordenes de fabricación pautas/útiles de control de calidad	280,00€
Tarima M-76	- €
Nuevo sensor de avance de bobina	269,00€
Nuevo estándar de cambio	1.089,00€
TOTAL	1.638,00 €

Tabla 6. Estimación ahorro M-76.

La obtención de la estimación de ahorro de coste anual se calcula para obtener la viabilidad económica de la mejora y de esta manera, tomar la decisión si ejecutar o no la mejora, pero no se utilizará para realizar conclusiones del proyecto.

4. VALORACIONES.

A las inversiones calculadas en los apartados anteriores hay que sumar las horas dedicadas a este proyecto del estudiante en prácticas.

Sabiendo que han sido 5 meses trabajando 40 horas semanales (800 horas) a un precio de 3,75€/hora, el coste total de la contratación del becario será:

$$800 \times 3,75 = 3000€$$

Por lo tanto, el presupuesto total del proyecto será:

$$3740,76€$$

Para calcular el beneficio obtenido del proyecto se utilizarán los datos obtenidos en los KPI's de ahorro SMED (figura 39). Como ya se ha explicado previamente, ese indicador muestra las horas de máquina y operario ahorradas después del proyecto. Para traducir esas horas en costes, se multiplicarán las horas ahorradas por la tasa horaria de operario y máquina. La tasas horaria estimada son las siguientes:

- Tasa horaria del Operario 20€/hora.
- Tasa horaria de máquina 25€/hora.

Por lo tanto, la operación será la siguiente:

$$101,9 \times (25 + 20) = 4585,5€$$

5. CONCLUSIONES.

En este bloque se ha realizado una estimación del coste del proyecto teniendo en cuenta:

- Gastos en compra de materiales.
- Tiempo empleado por técnicos en la implementación de las mejoras.
- Tiempo del estudiante en prácticas.

Además, se ha realizado un cálculo aproximado de los beneficios obtenidos hasta el momento.

Si dividimos la inversión entre los beneficios obtenidos, se obtiene la amortización del proyecto, es decir, el tiempo que se tarda en recuperar la inversión.

$$\frac{3740,76}{4585,5} = 0,815$$

Esto quiere decir que el tiempo de recuperación de la inversión es de 10 meses.

Cabe remarcar que el proyecto presentado se puede considerar económicamente viable, ya que a partir del décimo mes, se ha recuperado el total de la inversión realizada y a partir de ese momento todo el tiempo ahorrado se puede considerar como beneficios.

Bloque IV: Referencias.

Matrices Alcántara SL.

www.matricesalcantara.es

Marco teórico

Taller SMED. Curso formativo impartido por AVIA.

Introducción a Lean Manufacturing (Leansis productividad).

Bloque V: Planos.

1. Esquema del Layout de la planta.

E

