



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**GRADO EN INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL**

# **DISEÑO DEL MÉTODO SMED EN UN PROCESO DE TROQUELADO.**

**Autora:**

**Calles Fernández, Paula**

**Tutora:**

**Pérez Vázquez, Elena**

**Departamento de Organización  
de Empresas y CIM**

**Valladolid, Enero de 2019**

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La empresa en la que se ha desarrollado el estudio es especialista en la fabricación de envases y embalajes para la industria alimentaria, siendo líder en el mercado mundial de cajas de marisco, con más de 60 años de experiencia.

Este trabajo tiene como objeto analizar la **productividad** de una de las máquinas principales de la sección de troquelado, puesto que afecta a más del 80% de la facturación.

Y tras descubrir una ineficiencia en el tiempo de uso, se intentará reducir el tiempo improductivo aplicando la **técnica lean** denominada **SMED**, con ello incrementar la eficiencia promedio de los **tiempos de cambio** y conseguir una mayor facturación global de la empresa. Además de elaborar estándares de trabajo con el fin de instaurar una nueva filosofía de cambio, denominada Kaizen o **mejora continua**.

### Palabras clave:

1. Productividad
2. Técnicas lean
3. SMED
4. Tiempos de cambio
5. Mejora continua



# INDICE GENERAL

## Contenido

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE .....	I
Palabras clave: .....	I
INDICE GENERAL .....	III
Contenido.....	III
INDICE DE FIGURAS .....	V
INDICE DE GRÁFICAS .....	VI
INDICE DE TABLAS .....	VI
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Objetivos .....	1
<b>2. LEAN MANUFACTURING.....</b>	<b>3</b>
2.1    Historia .....	6
2.2    Estructura.....	8
2.3    Los 14 principios del modelo Toyota .....	9
2.4    Gestión por procesos .....	11
2.5    Herramientas Lean.....	13
2.6    5S.....	14
2.7    SMED.....	20
2.8    Conclusión del capítulo .....	25
<b>3. ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD.....</b>	<b>27</b>
3.1    Descripción de la empresa .....	27
3.2    Análisis de productividad de la máquina Mastercut (sección de troquelado). 32	
3.3    Justificación del método SMED.....	37
3.4    Conclusión del capítulo .....	39
<b>4. ESTUDIO DEL PROCESO DE TROQUELADO .....</b>	<b>41</b>
4.1    Partes de la máquina .....	41

4.2	El proceso de troquelado .....	43
4.3	Análisis de las actividades .....	48
4.4	Conclusión del capítulo .....	52
<b>5.</b>	<b>DISEÑO DEL MÉTODO SMED.....</b>	<b>55</b>
5.1	Cálculo del tiempo estándar .....	55
5.2	Separar lo interno de lo externo.....	59
5.3	Equilibrar cargas de trabajo.....	60
5.4	Estandarización .....	64
5.5	Conclusión del capítulo .....	69
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS DEL SMED.....</b>	<b>71</b>
6.1	Análisis de productividad tras el proyecto.....	73
6.2	Análisis económico.....	74
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES FINALES DEL PROYECTO .....</b>	<b>77</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>81</b>
	<b>WEBGRAFÍA.....</b>	<b>81</b>

# INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo PDCA.....	7
Figura 2: Casa TPS .....	8
Figura 3: Piramide <4P> de Toyota .....	9
Figura 4: Gama de limpieza SC.....	17
Figura 5: Check list diario SC .....	18
Figura 6: Check list semanal SC.....	18
Figura 7: Hoja Evaluacion 5S SC .....	19
Figura 8: Tiempo de cambio.....	20
Figura 9: Etapas del SMED .....	21
Figura 10: Equilibrio de tareas. ....	24
Figura 11: Plantas en España .....	27
Figura 12: San Cayetano.....	28
Figura 13: Valores del grupo Hinojosa .....	28
Figura 14: Procesos básicos. ....	29
Figura 15: Planta principal SC.....	31
Figura 16: Proceso de selección de troquelado.....	32
Figura 17: Cálculo de OEE I .....	34
Figura 18: Cálculo de OEE II .....	34
Figura 19: Análisis de microparadas .....	38
Figura 20: Máquina Mastercut .....	41
Figura 21: Plano ISC.....	41
Figura 22: Mesa de marcado.....	42
Figura 23: Troqueladora.....	42
Figura 24: Dynabreak .....	42
Figura 25: Paletizador .....	43
Figura 26: Troquel chanelado .....	44
Figura 27: Platina con las matrices pegadas .....	45
Figura 28: Trazado con cintas. ....	45
Figura 29: Proceso de arranque.....	47
Figura 30: Mastercut.....	63
Figura 31: Evaluación SMED SC.....	65
Figura 32: Tablero comunicación.....	67
Figura 33: Operación estándar.....	68

## INDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1: Diagrama de Gantt .....	63
Gráfico 2: Indicador Tiempo de cambio.....	67
Gráfico 3: Tiempos Cambio 2017 (1).....	71
Gráfico 4: Tiempos Cambio 2017 (2).....	72

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: KPI Productividad 2016 parte 1.....	32
Tabla 2: KPI Productividad 2016 parte 2.....	33
Tabla 3: Cálculo de OEE.....	36
Tabla 4: Microparadas .....	37
Tabla 5: Actividades en el cambio parte 1 .....	48
Tabla 6: Actividades en el cambio parte 2 .....	49
Tabla 7: Tiempo promedio de cambio por oficial en horas .....	50
Tabla 8: Tiempos por actividad .....	51
Tabla 9: Simbología de flujo de trabajo .....	52
Tabla 10: Tablas de suplementos OIT .....	56
Tabla 11: Cálculo de tiempo estándar .....	58
Tabla 12: Actividades internas/externas .....	59
Tabla 13: Tiempo total estándar .....	60
Tabla 14: Reparto de tareas parte 1 .....	61
Tabla 15: Reparto de tareas parte 2 .....	62
Tabla 16: Cálculo de OEE tras el proyecto .....	73
Tabla 17: Comparativa de OEE.....	74
Tabla 18: Comparativa de producción .....	74

# 1. INTRODUCCIÓN

El sistema SMED, acrónimo de las palabras inglesas “*Single minute exchange of die*” consiste en el cambio de herramienta en menos de 10 minutos, esta técnica ayuda a conseguir un aprovechamiento mayor de las líneas de fabricación sin incrementar las horas de fabricación.

San Cayetano, empresa en la que se ha desarrollado el proyecto, trabaja bajo el sistema “Make to Order”, es decir, fabricación bajo pedido. Esto supone la necesidad de realizar continuos cambios de producción debido a la cantidad de órdenes de trabajo que se generan.

Más adelante se justificará la elección de realizar un SMED como primera medida de reducción de tiempo improductivo, ya que los tiempos de cambio son muy largos y no existe una estandarización en dicho proceso. Por otra parte, para cumplir con la demanda de productos en los tiempos pactados con el cliente es necesario reducir al mínimo estas interrupciones en su producción.

## 1.1 Objetivos

Este proyecto tiene dos objetivos principales:

1. La reducción del tiempo de preparación en las máquinas de troquelado. En la actualidad el tiempo medio de cambio se encuentra entre los 40-45 minutos, tras el estudio, se espera que el tiempo de preparación se reduzca a 25 minutos.
2. La elaboración de un estándar de trabajo con el fin de que todos los operarios trabajen de la manera óptima. La máquina cuenta con un operario y un ayudante por turno, lo que supone, actualmente, seis formas de trabajo diferentes. Tras el estudio, se reducirá a una única manera de proceder.



## 2. LEAN MANUFACTURING

El lean Manufacturing es una filosofía, un conjunto de principios y técnicas utilizadas para **eliminar el desperdicio y actividades que no añadan valor**, además de realizar una producción eficiente, permitiendo realizar entregas a los clientes cuando éstas son requeridas, **justo a tiempo**, en la cantidad deseada y **sin defectos**.

### - ¿Qué es el desperdicio?

(“Muda” en Japonés) Todo aquello que consume recursos y no aporta valor al producto o que no es imprescindible para fabricarlo. Entendiendo por valor *“todo aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar”* (Arauzo, 2018)

*“El único indicativo de valor en cualquier tipo de proceso –sea en la fabricación, marketing o desarrollo de procesos- es la transformación física o de información de un producto, servicio o actividades en algo que el cliente desea.”* (Liker, 2016)

Los ocho grandes tipos de pérdidas que identifica Toyota según la escuela Lean de Renault Consulting son:

- 1) **Sobreproducción:** Producir artículos para los que no hay pedido. Además ello conlleva la generación de más desperdicios tales como exceso de materiales, coste de inventarios, exceso de almacén...  
Esto sucede por la mentalidad de anteponerse a los requerimientos y tener una posible respuesta a incidencias o averías. Sin embargo, en ocasiones se puede deteriorar o cancelar acarreado altos costes finales.
- 2) **Inventarios-Stocks:** Tener una mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer al cliente, obsolescencias... Esto además

esconde problemas tales como producciones no equilibradas, retrasos con entregas de proveedores, paros de equipos...

- 3) **No utilizar la creatividad de los empleados:** Los empleados son los que conocen verdaderamente la máquina y el proceso productivo. Por ello se desperdician oportunidades de aprendizaje por no motivar o escuchar a los empleados.

*“Hasta que los directivos hagan a un lado su ego, se integren en el equipo y lo lideren, continuarán desaprovechando el poder del cerebro y las capacidades extraordinarias de sus empleados. En Toyota damos el máximo valor a los miembros de nuestros equipos y hacemos lo máximo posible para incorporar sus ideas en nuestros procesos.”*

**ALEX WARREN.**

**Ex vicepresidente sénior de Toyota Motor, Kentucky**

- 4) **Transportes:** Los materiales y productos deben fluir directamente desde una estación de trabajo hasta la siguiente. Por ello se genera despilfarro cuando se desplaza el producto en proceso (WIP) en largos recorridos.
- 5) **Operaciones sin calidad:** Reprocesar, sustituir, reparar... piezas defectuosas que no han sido detectadas originan altos costes de tiempo esfuerzo y dinero.

Los procesos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos con la calidad exigida y evitando así que se genere esta muda.

- 6) **Movimientos innecesarios:** Cualquier movimiento referente a los operarios que no aporte nada al producto como alcanzar, mirar, caminar, apilar piezas y/o herramientas...

- 7) **Aguardar-Esperas:** Este desperdicio es generado por un proceso mal diseñado, en el que un operario debe esperar a que le llegue el producto/pieza/herramienta mientras otro se encuentra saturado de trabajo, o haciendo vigilar máquinas automáticas.
- 8) **Sobreprocesos:** Ocurre como consecuencia de la realización de pasos innecesarios para procesar las piezas. Esto repercute en una menor productividad.

Por tanto, el Lean Manufacturing o producción ajustada busca eliminar dichos despilfarros mediante un conjunto de herramientas (5S's, TMP, SMED, Kanban, Kaizen, TQM, Heijunka, etc.), y aplicaciones que surgen del estudio a pie de máquina, de manera que mejor todo el sistema de producción.

**La cultura Lean no es algo que empiece y acabe, no es una meta; sino un camino.**

*“Muchas buenas compañías americanas respetan a las personas, practican Kaizen y otras herramientas del TPS. Pero lo que es importante es tener todos esos elementos juntos como un sistema que debe ser practicado día a día, de manera muy constante –no en sprints- y de forma exclusiva en el taller.”*

**FUJIO CHO**  
**Presidente de Toyota Motor Corporation**

## 2.1 Historia

El concepto Lean Manufacturing tiene su origen a partir de **1990**, pero no es una metodología especialmente nueva ya que se basa en el sistema de fabricación de Toyota ("**Toyota Production System**" o **TPS**).

Para poder entender el TPS y cómo la compañía se ha convertido en el mejor fabricante del mundo, es necesario entender primero su historia y la personalidad de los miembros de la familia fundadora.

La historia comienza a finales del siglo XIX, en ese tiempo la industria más importante era la textil. Un artesano e inventor llamado Sakichi Toyoda promovido por el deseo de mejorar las condiciones de trabajo a su abuela, madre y amigos, desarrolló unos telares de madera movidos por transmisión mecánica.

Durante años fue configurando su prototipo probando y rectificando los errores con su ingenio y sus propias manos (Genchi Genbutsu<sup>1</sup>) lo que le llevó a generar unos sofisticados telares automáticos con detección de paro cuando un hilo se rompía (Jidoka<sup>2</sup>) y fundó en 1926 la Toyoda Automatic Loom Works.

Sakichi Toyoda sabía que los automóviles iban a representar la tecnología del futuro mientras que los telares automáticos se convertirían pronto en tecnología del pasado, por lo que motivó a su hijo Kiichiro Toyoda a fundar la Toyota Automotive Company. Quien siguió los pasos bajo la filosofía de su padre pero añadiendo sus propias innovaciones, tales como el Just-in-time<sup>3</sup> o el sistema Kanban<sup>4</sup>; ideas influenciadas por un viaje de estudios a las plantas de Ford en Michigan.

---

<sup>1</sup> "*Genchi Genbutsu*" Principio XXII del TPS. Vaya a verlo por sí mismo para comprender a fondo la situación.

<sup>2</sup> "*Jidoka*" Primer pilar básico del TPS. Automatización con un toque humano.

<sup>3</sup> "*Just in time*": Segundo pilar básico del TPS: Justo a tiempo.

<sup>4</sup> "*Kanban*": Sistema de producción eficiente basado en tarjetas.

Tras la Segunda Guerra Mundial, la situación en Japón era precaria, la mayor parte de las industrias habían sido destruidas, el aprovisionamiento era nulo y la situación económica de sus habitantes mínima.

Comenzaron a estudiar los métodos de producción de Estados Unidos. Los americanos confiaban en la producción a gran escala (en masa), como sinónimo de la máxima eficacia. Sin embargo dichos métodos no encajaban en Japón dónde se necesitaba producir pequeñas cantidades de diferentes modelos utilizando una misma línea de montaje.

Esto motivó a Taiichi Ohno, ingeniero de la empresa, a pensar cómo podía adaptar el sistema de fabricación de Ford para conseguir simultáneamente alta calidad, bajo coste, lead times cortos y flexibilidad en Japón.

Tomando ideas prestadas como el “sistema de tirado” (pull), inspirado en los supermercados americanos o las aproximaciones sistemáticas de resolución de problemas de Deming: Ciclo de Deming o ciclo PDCA, (Figura 1) surge el termino KAIZEN que significa el proceso de hacer mejoras incrementales, sin importar lo pequeñas que sean, alcanzando el objetivo de eliminar todo el desperdicio que añade coste sin valor.



Figura 1: Ciclo PDCA  
 (Elaboración propia)

A partir de las contribuciones de Taichii Ohno, Sakichi Toyoda y Kiichiro Toyoda, se conforma el sistema de producción Toyota (TPS).

## 2.2 Estructura

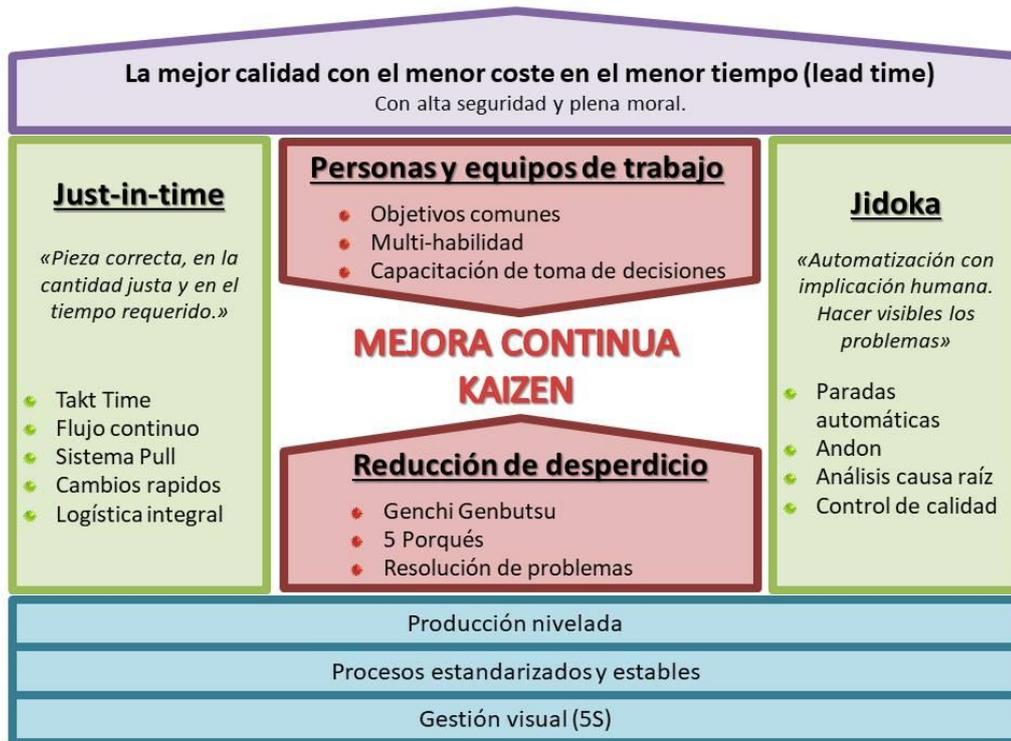


Figura 2: Casa TPS  
(Elaboración propia)

La casa Toyota o la casa del TPS (Figura 2) es uno de los símbolos más reconocibles de la fabricación moderna. Representa un sistema estructural, estable y sólido solo si el techo, los pilares y los cimientos son fuertes. Unas uniones débiles debilitan todo el sistema, véase figura 2.

En el tejado se encuentran los objetivos: La mejor calidad, con el coste más bajo y en el menor tiempo posible. Seguido de los dos pilares fundamentales: el Just in time, y el Jidoka.

La mejora continua o **KAIZEN** es la clave dentro de los conceptos del Lean Manufacturing. Kaizen es el cambio de actitud de las personas hacia la mejora, y por ello se encuentra en el centro de la casa. Esa actitud es la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito.

Por último, en los cimientos, se incluye la necesidad de unos procesos estandarizados, estables, confiables y, también, el HEIJUNKA, que significa nivelar la programación de la producción tanto en volumen como en variedad.

**Todo elemento de la casa es en sí mismo crítico, pero lo más importante es la manera en que estos elementos se refuerzan unos a otros.**

*“El TPS no es un kit de herramientas; se trata de un sistema de producción sofisticado en el que todas las partes contribuyen en el todo. Todo el conjunto desde sus raíces, se focaliza en el apoyo y la motivación a la gente para mejorar continuamente los procesos en los que trabajan.”*

(Liker, 2016)

## 2.3 Los 14 principios del modelo Toyota

Estos 14 principios se encuentran recogidos en “Las claves del éxito de TOYOTA”, Liker, 2016 y están organizados en cuatro categorías que van desde los principios más esenciales como la Filosofía a largo plazo hasta la resolución de problemas. (Figura 3)



Figura 3: Pirámide <4P> de Toyota  
(Elaboración propia)

### **Sección 1: Filosofía a largo plazo.**

*Principio I:* Las decisiones de gestión deben de estar basadas a largo plazo, a expensas de lo que suceda con los objetivos financieros a corto plazo. La misión filosófica es el fundamento del resto de principios.

### **Sección 2: El proceso correcto producirá los resultados correctos.**

*Principio II:* Elaborar un flujo continuo para detectar los problemas y hacerlo evidente por toda su cultura organizativa.

*Principio III:* Utilizar un sistema PULL para evitar producir en exceso. Reponer el material basándose en el consumo, es decir, ser receptivo con los cambios de demanda.

*Principio IV:* Nivelar la carga de trabajo (Heijunka) evitando sobrecargar a los equipos y eliminar los desequilibrios de la programación de producción.

*Principio V:* Parar para resolver un problema y lograr una buena calidad a la primera. Incorporar a los equipos la capacidad de detectar problemas y de pararse automáticamente.

*Principio VI:* La estandarización como fundamento de la mejora continua. De modo que puedan traspasarse los conocimientos de compañero a compañero.

*Principio VII:* El control visual como modo de detección de fallos. Utilizando indicadores visuales sencillos para apoyar el flujo.

*Principio VIII:* Usar la tecnología como método de apoyo a la gente y no como sustitución. Use solo tecnología fiable y absolutamente probada.

### **Sección 3: Añada valor a la organización mediante el desarrollo de socios y trabajadores.**

*Principio IX:* Promover el liderazgo. Crear líderes que comprendan el trabajo, vivan la filosofía y la enseñen a otros.

*Principio X:* Crear una cultura estable en la que los valores y creencias de la empresa se compartan ampliamente.

*Principio XI:* Ayudar a mejorar a socios y proveedores. Tratarlos como una extensión de la empresa.

#### **Sección 4: Resolver los problemas de manera continua aprendiendo de ellos.**

*Principio XII:* Solucionar los problemas yendo a la fuente y observando personalmente (Genchi Genbutsu). Para conocer la situación hay que verlo por sí mismo.

*Principio XIII:* Tomar decisiones considerando todas las opciones y actuar rápidamente (nemawashi<sup>5</sup>).

*Principio XIV:* Convertirse en una empresa que aprende mediante la filosofía constante (hansei<sup>6</sup>) y la mejora continua (kaizen).

*“Nosotros (Toyota) dedicamos poco tiempo a hablar de los éxitos.  
Dedicamos más tiempo a hablar de nuestras debilidades”*

**BRUCE BROWNLEE.**  
Director general en el Toyota Technical Center

## **2.4 Gestión por procesos**

Una de las mejores herramientas de mejora y más efectivas es: la implantación de la gestión de procesos.

Según la consultora Leansis Productividad: la gestión por procesos es una metodología corporativa y disciplina de gestión, **cuyo objetivo es mejorar el desempeño (eficiencia y eficacia) y la optimización de los procesos de una organización**, a través del trabajo estandarizado que se debe diseñar, modelar, organizar, documentar y optimizar de forma continua.

---

<sup>5</sup> “Nemawashi”: Herramienta o proceso de debatir los problemas entre todos los afectados con el fin de disponer de más puntos de vista.

<sup>6</sup> “Hansei”: Responsabilidad, autorreflexión y aprendizaje.

¿Qué es un proceso?: Cualquier actividad, o conjunto de actividades enlazadas entre sí, que transforma elementos de entrada en otros de salida con un valor añadido. Además estas actividades pueden ser directamente elementos de entrada para el siguiente proceso.

Es decir, para que un conjunto de actividades relacionadas entre sí alcancen el éxito esperado, es necesario definir y controlar el proceso del que forman parte. Ya que no es posible actuar directamente sobre el resultado sino que, hay que actuar sobre la causa raíz que es, el proceso.

Para realizar una buena gestión de procesos, se debe identificar todas las actividades que se realizan y exponerlas mediante un mapa de procesos que sirva para tener una visión clara de que actividades aportan valor al producto.

Cuanto más detallados, claros y participativos sean los procesos, mucho mejor será la detección y eliminación de actividades sin valor, al igual que el de la implementación de cualquiera de las herramientas de producción a aplicar.

En la elaboración de dicho mapa, debería intervenir toda la organización a través de grupos de personas o grupos de trabajo.

"Reunirse es un comienzo, permanecer juntos es el progreso y trabajar juntos es el éxito".

**Henry FORD**

Es necesario que todas las personas involucradas conozcan tanto la situación de partida previa a sus esfuerzos como los resultados y los logros conseguidos. Esto, se pone de manifiesto mediante gestión visual como pueden ser fotos antes/después, KPI's<sup>7</sup>, graficas... y elaborando estándares adecuados con los nuevos procedimientos con el fin de que todos sean capaces de actuar acorde con lo consensuado.

---

<sup>7</sup> KPI, "Key performance indicator": Indicadores de rendimiento.

*“Aunque el objetivo parezca, a primera vista, tan elevado como para ser inasequible, si se explica su necesidad a todas las personas involucradas y se insiste en ello, todo el mundo se entusiasmará por el espíritu del desafío, trabajarán juntos y lo alcanzará”*

**ICHIRO SUZUKI.**  
Ingeniero jefe del primer LEXUS

### **¿Cómo crear los estándares adecuados? Mediante la aplicación de las Herramientas Lean**

## **2.5 Herramientas Lean**

El Lean Manufacturing se materializa en la práctica a través de la aplicación de una amplia variedad de técnicas, muy diferentes entre sí, que se han ido implementando con éxito en empresas de muy diferentes sectores y tamaños.

Algunos ejemplos son:

- **GRP:** grupo de Resolución de Problemas
- **SIPOC:** Análisis de entradas y salidas del proceso
- **VSM:** Mapa de Flujo de Valor
- **QSE:** Sistema Eficiente de Calidad
- **HOSHIN (Brújula):** Productividad de Mano de Obra
- **5S:** Limpieza y orden en el puesto de trabajo
- **KANBAN (Tarjeta):** Gestión de Stocks.
- **SMED:** Flexibilidad de tareas frecuentes
- **TPM:** Mantenimiento Productivo Total
- **SPEED-UP:** Ajuste de Velocidad
- **AMFE:** Análisis Modal de Fallos y sus Efectos.
- **Lecciones Aprendidas**
- **Análisis de Riesgos**
- **Gantt, PERT, Camino y Cadena Crítica**

Estas herramientas se complementan entre ellas, es decir, cuando se comienza a trabajar con una técnica, implícitamente se está trabajando con otras. Por ello, una empresa que está realizando un proyecto de mejora puede tener simultáneamente varios frentes de acción, consiguiendo un avance más rápido en el proceso de la mejora.

Es importante tener en cuenta que un proceso de mejora debe realizarse paulatinamente, ya que en caso contrario, podría llegar a colapsar debido a los cruces de información de los frentes abiertos.

*“Ser una empresa Lean no es imitar las herramientas usadas por Toyota en un proceso de fabricación en particular. Significa desarrollar principios que sean apropiados para su organización y luego practicarlos diligentemente para lograr un alto rendimiento que continúe añadiendo valor a sus clientes y a la sociedad.”*

(Liker, 2016)

## 2.6 5S

Antes de comenzar con la herramienta del estudio, la técnica SMED, vamos a introducir otra herramienta de mejora de procesos: las 5S.

Esta herramienta, facilita el desarrollo e implementación de planes de trabajo a un plazo más largo, de manera que se puedan aprovechar las sinergias de una herramienta con otra. Por ello, el sistema SMED (*del que basa este proyecto*), usa de una manera muy intensa las 5S para las mejoras en sus operaciones.

En su libro ‘5S para la mejora continua’, Aldavert et al (2016), muestra las 5S como una herramienta mundialmente conocida gracias al impacto y al cambio que generan tanto las empresas como en las personas que las desarrollan. Se centran en potenciar el aprendizaje de las personas que trabajan en las organizaciones gracias a su simplicidad y agilidad por realizar pequeños cambios y mejoras con el fin de experimentar y aprender con ellas. Las 5 S

son una herramienta que no requiere de grandes inversiones, altos cargos, ni de complicados conocimientos.

Las 5S, denominado así por la primera letra de cada concepto, se basa en la aplicación de cinco principios simples que, mediante su consecución en un orden de ejecución, pretenden organizar y hacer funcionales los puestos de trabajo y la empresa en general.

### ***整理* · SEIRI · CLASIFICACIÓN**

Es la primera fase, consiste en identificar todo aquello que es necesario para el correcto desarrollo de la actividad. Se separa y se desecha todo lo innecesario.

Algunos criterios que ayudan a tomar buenas decisiones:

- Se desecha todo lo que se usa menos de una vez al año, analizando el compromiso y las prioridades de los elementos.
- Todo lo que se usa menos de una vez por hora está en el puesto de trabajo, al alcance de la mano.
- Y lo que se usa al menos una vez por hora se coloca directamente sobre el operario.

### ***整頓* · SEITON · ORDEN**

Se identifica y ubica cada herramienta, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.

El orden es una de las mejores opciones para la optimización del tiempo. Para facilitar la identificación de los elementos y los lugares, se utilizan métodos de gestión visual.

### ***清掃* SEISO · LIMPIEZA**

Una vez despejado (*seiri*) y ordenado (*seiton*) el espacio de trabajo, es mucho más fácil limpiarlo (*seisō*). Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, y en realizar las acciones necesarias para que no vuelvan a aparecer, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado operativo.

La implementación de las 5S se inicia con las **Eses Operativas**, empezando a seleccionar, ordenar y limpiar el puesto de trabajo. Es con las tres primeras eses que logramos cambiar nuestro estado inicial por nuestro objetivo. (Aldavert et al. 2016)

### **清潔 · SEIKETSU · ESTANDARIZACIÓN**

En esta etapa se crean estándares que recuerdan que el orden y la limpieza deben mantenerse cada día. Es el mantenimiento de las 3 primeras S's.

Para ello se creó un estándar de limpieza diario, semanal y mensual (Figura 4), junto con un check list con las tareas diarias (Figura 5) y semanales (Figura 6).

### **躰 · SHITSUKE · DISCIPLINA Y MEJORÍA**

Tener como hábito estable el mantenimiento de los procedimientos apropiados.

Para sostener en el tiempo el estado óptimo logrado, aplicamos las **Eses Funcionales**. Con ellas estandarizamos (normalizamos) y auditamos el proceso realizado. La consecución de todo el proceso realizado hasta ahora conlleva la integración de las 5S como hábito de trabajo del equipo. (Aldavert et al. 2016)

Estas auditorias, que se realizan de manera periódica, consisten en rellenar la hoja de evaluación de las 5S (Figura 7).

Dicha hoja está dividida en los cinco pilares de las 5S; a cada pilar le corresponden preguntas, que el grupo evalúa asignándoles un puntaje de 0 a 3, según su criterio.

0: Se aplica menos de un 10%

1: Se aplica entre 10% y 50%

2: Se aplica entre un 50% y un 90%

3: Se aplica más de un 90%

NA: No se aplica.

 Máquina: MASTERCUT	<h2 style="margin: 0;">GAMA DE LIMPIEZA</h2>	Indice de Revisión: 1
	<h3 style="margin: 0;">MASTERCUT</h3>	Fecha de edición:
nov-16		Página: _ 1 / _

**DIARIA:**

Nº OP	Estado (Paro/Marcha)	Resp.	Operación	Zona	Tpo.	Comentario	Herramienta
1	M	Op	Limpieza de botonera y armarios	GENERAL			Trapo y desengrasante
2	M	Op	Barrer el suelo y pasillos adjuntos	GENERAL			Escoba y recogedor
3	M	Op	Barrer zona de palets	SALIDA			Escoba y recogedor
4	M	Op	Barrer Caída del recorte	POR DETRÁS			Escoba y recogedor
5	P	Op	Recoger espacio entre dynaload y plato introductor	LOADER			
6	P	Op	Limpiar recortes zona de pelados	MASTER			Aire comprimido
7	P	Op	Limpiar recortes zona guillotina	MASTER			Aire comprimido

**SEMANAL**

Nº OP	Estado (Paro/Marcha)	Resp.	Operación	Zona	Tpo.	Comentario	Herramienta
8	P	Op	Barrer por debajo de la lona del Loader	LOADER			Escoba
9	P	Op	Limpiar fotocelulas loader	LOADER			Trapo
10	P	Op	Limpiar zona de troquel	MASTER			Aire comprimido y trapo
11	P	Op	Limpiar mesa de giro	SALIDA			Trapo y escoba
12	P	Op	Barrer por debajo de la zona del Dynapal	SALIDA			Escoba
13	P	Mant.	Limpiar zona filtros	POR DETRÁS			

**MENSUAL**

Nº OP	Estado (Paro/Marcha)	Resp.	Operación	Zona	Tpo.	Comentario	Herramienta
14	P		Limpiar los bastidores	LOADER			Trapo y desengrasante
15	P		Limpiar el foso caída de caja	MASTER			Escoba
16	P		Limpiar zona de guillotina	MASTER			Trapo y desengrasante
17	P		Limpiar exteriores de máquina	GENERAL			Trapo y desengrasante

Nº Operación																	
SE M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	

Figura 4: Gama de limpieza SC  
 (Documentación interna)

		<b>Limpieza diaria de máquina MASTERCUT</b> Seguimiento de la correcta limpieza de la máquina							
TURNOS		Limpiar botonera y armarios	Barrer el suelo y pasillos adjuntos	Barrer zona de palets	Barrer caída de recorte	Recoger espacio entre dynaload y plato introductor	Limpiar recortes zona de pelados	Limpiar recortes zona de guillotina	Observaciones
LUNES	MAÑANA								
	TARDE								
	NOCHE								
MARTES	MAÑANA								
	TARDE								
	NOCHE								
MIÉRCOLES	MAÑANA								
	TARDE								
	NOCHE								
JUEVES	MAÑANA								
	TARDE								
	NOCHE								
VIERNES	MAÑANA								
	TARDE								
	NOCHE								
SÁBADO	MAÑANA								
	TARDE								
	NOCHE								
DOMINGO	MAÑANA								
	TARDE								
	NOCHE								

Anotar cualquier anomalía detectada durante la limpieza de la máquina y avisar al jefe de sección o jefe de turno.

**VºBº jefe de sección** \_\_\_\_\_ Semana del \_\_\_\_ al \_\_\_\_ de \_\_\_\_.

Jefe turno 1 \_\_\_\_\_ Jefe turno 2 \_\_\_\_\_ Jefe turno 3 \_\_\_\_\_

Figura 5: Check list diario SC (Documentación interna)

		<b>Limpieza mensual de máquina MASTERCUT</b> Seguimiento de la correcta limpieza de la máquina									
		NOVIEMBRE									
		8.- Barrer por debajo de la lona del Loader	9.- Limpiar fotocelulas loader	10.- Limpiar zona de troquel	11.- Limpiar mesa de giro	12.- Limpiar zona Dynapal	13.- Limpiar zona filtros	14.- Limpiar los bastidores	15.- Limpiar el foso caída de caja	16.- Limpiar zona de guillotina	17.- Limpiar exteriores de máquina
S1	31sep-6nov										
S2	7nov-13nov										
S3	14nov-20nov										
S48	21nov-27nov										
S5	28nov-4dic										

Anotar cualquier anomalía detectada durante la limpieza de la máquina y avisar al jefe de sección o jefe de turno. Las tareas de limpieza semanales y mensuales se realizarán en los horarios de preventivo de la máquina.

**VºBº jefe de sección**

Nacho \_\_\_\_\_ Carlos \_\_\_\_\_ Justino \_\_\_\_\_

Figura 6: Check list semanal SC (Documentación interna)

HOJA DE EVALUACIÓN 5S						Índice de Revisión: 0					
						MÁQUINA: MASTERCUT					
<b>1ªS Seiri: Separar y Eliminar</b>						<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>NA</b>	<b>Comentarios</b>
1	Existe un inventario de los objetos necesarios en cada zona de trabajo.										
2	El inventario está actualizado.										
3	Todos los materiales especificados en el inventario se encuentran presentes.										
4	Todos los materiales presentes están especificados en el inventario.										
5	No hay desperdicios por el suelo.										
6	Todos los materiales en el lugar de trabajo se usan regularmente.										
7	No hay papeles obsoletos o innecesarios en paredes, tablonés, etc.										
8	No hay efectos personales, comida, botellas de agua en el puesto de trabajo.										
9	No hay objetos en pasillos, escaleras, delante de puertas de emergencia, etc.										
10	No hay riesgo para las personas ( agua, aceite, productos químicos, máquinas).										
11	Todas las máquinas y equipos se usan regularmente.										
12	Todas las herramientas, útiles o similares se usan regularmente.										
<b>1ªS</b>											<b>___ / 36 =</b>
<b>2ªS Seiton: Ordenar e Identificar</b>						<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>NA</b>	<b>Comentarios</b>
1	Existe un lugar para cada cosa (no hay nada útil sin ubicación).										
2	Cada cosa está en su lugar.										
3	No hay objetos almacenados de manera peligrosa.										
4	Existe un plano de la zona actualizado en el tablero de las 5S.										
5	No hay objetos sin una ubicación clara identificada ni estantes sin identificación clara.										
6	No hay objetos fuera de su sitio o amontonados en cajetines.										
7	Los operadores no pierden tiempo buscando o yendo a por cosas.										
8	Los pasillos, puestos de trabajo o ubicación de equipos están claramente identificados.										
9	Las salidas de emergencia están claramente marcadas.										
10	Los pasillos peatonales están libres de objetos.										
<b>2ªS</b>											<b>___ / 30 =</b>
<b>3ªS Seiso: Limpiar</b>						<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>NA</b>	<b>Comentarios</b>
1	No hay salpicaduras de pintura, adhesivo o productos químicos en el suelo.										
2	No hay óxido en las máquinas.										
3	No hay fugas de aceite en las máquinas.										
4	El suelo está limpio (incluyendo las zonas de difícil acceso).										
5	Los útiles de limpieza están a mano.										
6	Los operadores limpian su puesto de trabajo sistemáticamente.										
7	El marcado, etiquetas, signos, etc. no están ni sucios ni rotos.										
8	Hay evidencias de que se respeta el mantenimiento preventivo.										
9	Las mesas de trabajo están limpias de polvo.										
10	Las máquinas, equipos y paredes se mantienen limpias de salpicaduras y de polvo.										
11	Los armarios, estanterías y taquillas están limpias (sin polvo).										
12	Las pantallas de luz están libres de polvo.										
<b>3ªS</b>											<b>___ / 36 =</b>
<b>4ªS Seiketsu: Estandarizar</b>						<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>NA</b>	<b>Comentarios</b>
1	Las ubicaciones de los objetos móviles están pintadas.										
2	Las ubicaciones están identificadas.										
3	Los armarios están identificados.										
4	Existen gamas de limpieza.										
5	Es posible ver si un objeto está en su sitio o no.										
6	El suelo está pintado de color claro.										
7	Las gamas de limpieza están visibles en el tablero 5S.										
8	Existe un panel 5S claro y actualizado en el área de trabajo.										
<b>4ªS</b>											<b>___ / 24 =</b>
<b>5ªS Shitsuke: Sostener. Construir Hábito</b>						<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>NA</b>	<b>Comentarios</b>
1	Se respetan las gamas de limpieza.										
2	Las gamas de limpieza están correctamente rellenas.										
3	Se realizan auditorías 5S en la zona.										
4	Las auditorías son validadas por el mando jerárquico correspondiente.										
5	Los resultados de las auditorías mejoran.										
6	Se realizan acciones como consecuencia de las no conformidades detectadas en las auditorías.										
7	Se actualizan las gamas de limpieza ante propuestas de mejora.										
8	Las últimas 3 auditorías están visibles en el tablero 5S.										
<b>5ªS</b>											<b>___ / 24 =</b>
<b>GLOBAL</b>											<b>___ / 150 =</b>
<p><b>Criterios de puntuación:</b> 0 =&gt; se aplica menos de un 10%; 1 =&gt; se aplica entre un 10% y un 50%; 2=&gt; se aplica entre un 50% y un 90%; 3 =&gt; se aplica más de un 90%; NA =&gt; No aplica</p>											
Evaluación realizada por:						Evaluación validada por:					
Fecha:						Fecha:					

Figura 7: Hoja Evaluación 5S SC  
 (Documentación interna)

## 2.7 SMED

La técnica de SMED fue una de las primeras técnicas que se divulgaron como parte del Just in Time. Fue desarrollada por un Ingeniero mecánico llamado Shigeo Shingo.

En 1950, Shingo llegó como consultor a la fábrica de Mazda en Hiroshima, y con un análisis de las actividades, se le ocurrió que las operaciones de preparación de máquinas eran realmente de dos tipos fundamentalmente diferentes:

- Preparación interna
- Preparación externa

En 1969, visitó la planta principal de Toyota Motor Company y usando los nuevos conceptos consiguió reducir los tiempos de preparación hasta menos de tres minutos.

Con la esperanza de que cualquier preparación podría realizarse en menos de 10 minutos, Shigeo Shingo bautizó el concepto como: “Cambio de útiles en menos de diez minutos”

Esta técnica no fue aceptada oficialmente hasta 1980.

Por tanto, SMED (Single minute exchange of die) o en español tiempo de cambio en 10 minutos introduce la idea que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos.

Entendiendo por tiempo de cambio al tiempo transcurrido desde la producción de la última pieza buena del modelo saliente hasta la producción de la primera pieza buena del modelo entrante, a velocidad nominal. (Figura 8)

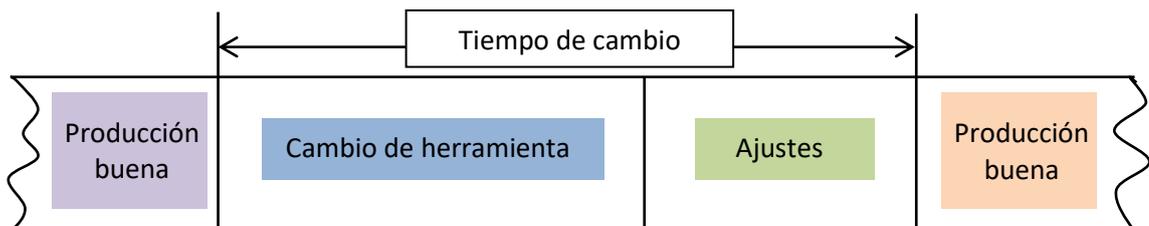


Figura 8: Tiempo de cambio  
(Elaboración propia)

Tiene como objetivo reducir los periodos de inactividad, aumentar la flexibilidad de la producción y evitar la necesidad de largos procesos de fabricación y de grandes lotes.

### Etapas del SMED

El método SMED está formado por cinco etapas que transcurren una tras otra, no siendo posible avanzar en una etapa sin haber finalizado la anterior.

(Figura 9)



**Figura 9: Etapas del SMED**  
 (Elaboración propia)

En sus diapositivas, tanto Arauzo, J.A (2018). como Leansis productividad, describen cada uno de los pasos de la siguiente manera:

**PASO 1: Análisis de actividades.** El primer paso es el análisis de todas las actividades que se llevan a cabo durante un cambio. Con este fin, realizaremos un seguimiento de cada persona implicada en el cambio de manera individualizada mediante la observación y grabación de cada actividad mediante:

- Hoja control actividad
- Cronómetro
- Video

En aquellos cambios cortos y repetitivos, se utilizará una hoja de control de actividad y el cronómetro. Cuando el cambio sea largo y no se repita frecuentemente, se grabará en video para poder analizar posteriormente todas las actividades realizadas.

En este caso, se debe grabar a todos los actores que participan en el cambio a la vez de forma individualizada. De este modo, se pueden analizar las interacciones entre actividades que podrían no repetirse en otras ocasiones.

Todo el tiempo empleado en el cambio debe analizarse, incluyendo acciones que no aporten valor al cambio, pero que están sucediendo y por tanto afectando a los indicadores (por ejemplo: tiempo de paro).

Una vez recopilados los datos y actividades deben analizarse:

- ¿Qué acciones ocurrieron?
- ¿Cuánto duraron las acciones?
- ¿En qué orden sucedieron?
- ¿Qué herramientas fueron usadas?
- ¿Por qué sucedieron las acciones CUANDO ellos dijeron?

**PASO 2: Separar lo interno de lo externo.** Es el paso más importante. Las operaciones las podemos clasificar en:

- Operaciones internas: Deben ser realizadas con máquina parada. Interrumpen pues el tiempo de trabajo de la máquina.
- Operaciones externas: Pueden realizarse con la máquina en funcionamiento. Estas operaciones se hacen fuera de la máquina.

Es objeto de la herramienta SMED diseñar el mínimo de operaciones internas ya que estas influyen directamente en el tiempo de cambio. Si se consigue tratar la mayor parte posible de actividades de preparación como externas, el tiempo necesario para la preparación interna, se reducirá generalmente entre un 30 y 50%.

**PASO 3: Organizar las actividades externas.** Una vez realizado el análisis, se listan todas las actividades externas, y se ordenan por orden cronológico en que deben ser llevadas a cabo.

En caso de que la preparación de estas tareas la hagan varias personas, debe especificarse, de modo que queden asignadas y así evitar que se puedan quedar sin hacer por malentendidos entre los operarios.

**Preguntas:**

- ¿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?

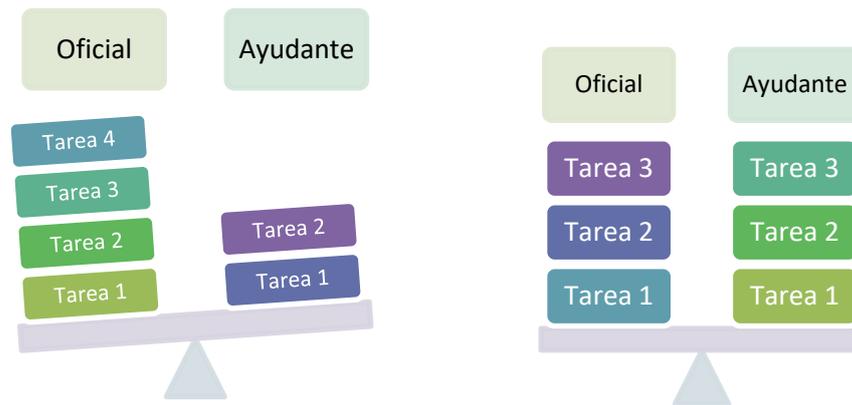
**PASO 4: Convertir lo interno en externo.** Analizar en detalle las tareas internas, con objeto de simplificarlas o externalizarlas. Además, definir el modo operatorio, equilibrando las cargas de trabajo de los participantes en el cambio, y sincronizando sus actividades.

Y por último estandarizar y definir los objetivos de tiempo de cambio. Estos cambios usualmente requieren un bajo nivel de inversión.

**PASO 5: Reducir los tiempos de actividades internas.** Equilibrar en contenido de trabajo de las personas que participan en el cambio. Sincronizar tareas.

(Figura 10)

Generalmente en las máquinas hay un oficial y un ayudante, equilibrar las tareas para que no haya paros. Reducir tiempo de las actividades Internas, examinar oportunidades adicionales enfocadas a reducir los tiempos de ajuste.



**Figura 10: Equilibrio de tareas.**  
(Elaboración propia)

### Seguimiento y mantenimiento del SMED

Una vez aprobado el proyecto e implantada la mejora, hay que comprobar que el resultado es el esperado, estandarizando las mejoras para que no se pierdan los resultados.

La causa más frecuente de fracaso en estos proyectos es que la dirección y la línea de mando no le dediquen la atención necesaria.

Para evitar que se degrade el cambio con el paso del tiempo:

- El operario debe respetar la nueva instrucción de preparación.
- El mando debe vigilar que los tiempos de cambio no crecen sin causa justificada. En el caso de que crezcan debe determinar las causas y tomar las acciones correctoras necesarias para corregirlo.
- El auditor, cuando realiza la auditoria del proceso, debe comprobar las evidencias de la desviación habidas en el sistema de cambio de utillaje.
- La dirección debe evaluar la eficiencia del nuevo cambio y, si es necesario, acometer nuevos planes de acción. Además, debe reconocer a los implicados en la mejora.

## 2.8 Conclusión del capítulo

En este capítulo se introdujo la idea de Lean Manufacturing, entendiendo como tal, una nueva filosofía que se está abriendo paso en el siglo XXI y cuyo objetivo es dar al cliente lo que solicita en el plazo requerido y con un coste justo.

Para ello su principal objetivo es eliminar todo aquello que no aporta valor al producto final y por el que el cliente no está dispuesto a pagar como sobreproducción, transportes innecesarios, almacén...

Esta filosofía nació en Japón, cuando tras la segunda guerra mundial necesitaron levantar su economía, pero actualmente la casa Toyota es un referente a nivel mundial.

En este estudio nos centramos en la técnica SMED, que permite estudiar y analizar los métodos de cambio de utillaje y conseguir reducir sus tiempos siguiendo una serie de pasos como son:

1. Analizar las actividades.
2. Separar lo interno de lo externo.
3. Organizar las actividades externas.
4. Convertir lo interno en externo.
5. Reducir los tiempos de actividades internas.

Por último, y para conseguir mantener los resultados obtenidos, es necesario realizar un control y seguimiento mediante auditorías periódicas. En estas auditorías han de estar involucrados todos los miembros, desde la dirección hasta el operario de la máquina.



## 3. ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD

### 3.1 Descripción de la empresa

El Grupo Hinojosa, líder en el sector de envase y embalaje, está considerado como uno de los principales grupos familiares con más solvencia y más importantes a nivel nacional, debido a su rápido crecimiento y siempre a la vanguardia de las innovaciones.

Con más de 70 años de experiencia, doce plantas de producción en España (Figura 11) y presencia en Europa a través de Blue Box Partner, se ha convertido en referente en innovación y servicio en su sector.



Figura 11: Plantas en España  
 (hinojosa.es)

El compromiso de Hinojosa con la Responsabilidad Social Corporativa se extiende a todas sus actividades, estando presente en sus tres dimensiones: económica, social y medio ambiental. Abarca todo el ciclo de vida del producto según el principio de sostenibilidad que rige en el grupo, y se integra en la política y modelo de negocio de la compañía.

Hinojosa además cuenta con diferentes certificados que avalan la calidad de sus productos, y ese compromiso con la sociedad y el medio ambiente.

San Cayetano, situada en Aldemayor de San Martín (Valladolid) ha sido la última incorporación al grupo Hinojosa, sin embargo, lleva más de 60 años diseñando y fabricando envases de cartón.

(Figura 12)

Fue fundada en 1956, por Francisco Esgueva Palacios, es una de las empresas españolas líderes en la fabricación de envases de cartón contraencolado, ondulado, cartoncillo y compacto.



Figura 12: San Cayetano  
(sancayetano.es)

Además, San Cayetano destaca sobre sus competidores por la especialización de envases para productos congelados, principalmente mariscos y pescados.

**Misión:** Proporcionar **soluciones** de envases y embalajes que aporten **mejoras competitivas, de manera eficiente, innovadora y sostenible**, a través de un equipo humano altamente comprometido y cualificado.

**Visión:** Ser el proveedor preferido de los clientes para contar como uno de los tres primeros grupos de fabricante de envases y embalajes de la península, a través de una mejor relación calidad, servicio, precio, contando con un personal y un accionista ilusionado.

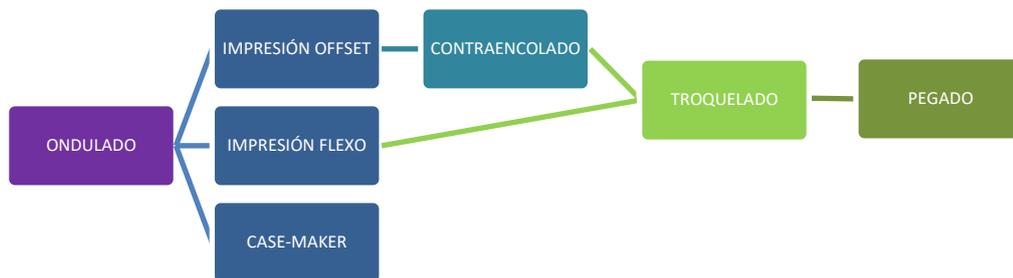
**Valores:** Son cuatro los valores que conforman el grupo Hinojosa (Figura 13):



Figura 13: Valores del grupo Hinojosa  
(hinojosa.es)

- La orientación al cliente implica un deseo de ayudar o de servir a los clientes (internos y/o externos), de **satisfacer sus necesidades**.
- La excelencia en nuestras actividades significa hacer bien las cosas y hacerlas bien todo el tiempo, buscando la **óptima calidad** desde la primera vez.
- **Confianza** es creer que alguien será capaz de actuar de manera adecuada en una determinada situación
- Tener una **actitud positiva** significa comprender la realidad y afrontarla lo mejor que podamos, enfocándonos en aquellos aspectos beneficiosos que podemos manejar y que nos permitirán avanzar.

En cuanto a la producción, San Cayetano cuenta con 8 procesos productivos (Figura 14) repartidos a lo largo de su nave principal (Figura 15):



**Figura 14: Procesos básicos.**  
 (Elaboración propia)

1. **ONDULADORA:** Es la máquina que fabrica planchas de cartón ondulado de 3 o 5 papeles, a partir de bobinas y en sus diferentes alturas de onda F, E, B y C en canales sencillos y FE, EB, BC en canales dobles. (Maq. A-AGNATI)
2. **IMPRESORA FLEJO:** Es una técnica de impresión en relieve que utiliza una plancha o cliché. Es un método semejante al de un sello de imprenta. (Maq: I-1600)

3. **IMPRESORA OFFSET:** es un método de impresión que consiste en aplicar una tinta, generalmente oleosa, sobre una plancha metálica. La plancha se moja con agua o una solución polar para que repela la tinta en las zonas de no imagen (zona hidrófila), para que el resto de la plancha tome la tinta. (Maq: A-ROLAND 900 y A-ROLAND 904)
4. **CONTRAENCOLADORA:** Máquina que lamina una hoja impresa en Offset alta calidad sobre una base ondulada. Tiene 4 canales posibles de altura de onda N, E, B y C. (Maq: E-ASITRADE)
5. **TROQUELADORAS:** Se encargan de dar el formato requerido a la plancha de papel, mediante un troquel. Existen diferentes troqueladoras en función del tipo de cartón que se vaya a procesar: cartón ondulado, cartón contra encolado, cartoncillo nacional o pesca y cartón compacto. (Maq: T-MASTERCUT (ondulado y contra encolado), T-1600-APR (contraencolado), T-1600-S (ondulado), T-142-E (cartoncillo nacional y pesca), T-130-ER (cartoncillo nacional y pesca), T-1600-ER (cartón compacto) y T-142 (cartón compacto).)
6. **CASEMAKER:** Es la máquina que fabrica cajas de solapas. (Maq: R-MARTIN y R-CURIONI)
7. **PLEGADORAS/PEGADORAS:** máquinas de formado y pegado de las cajas de cartón en diferentes tipos de pegado (estuches, fondo automático y fondo semiautomático, 4 puntos ó 6 puntos) y diferentes tipos de cola (frías y calientes). (Maq: X-1250, X-ALPINA, X-DET, X-FARO, X-PACIFIC, XT1-UNIVERSAL, XT-DIANA)
8. **PROCESOS ESPECIALES:** Máquinas para crear ventanas, rejillas, asas de cartón...

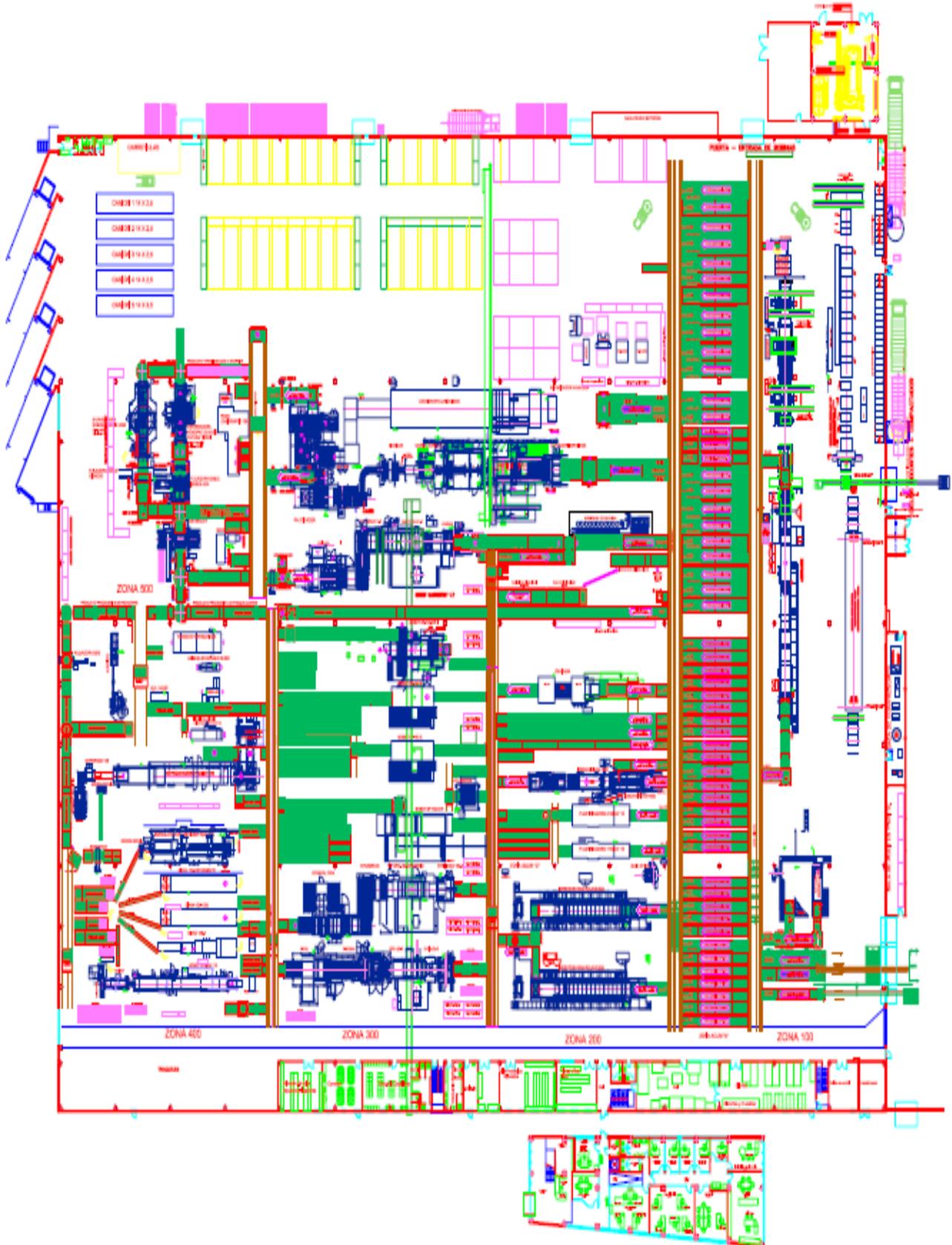


Figura 15: Planta principal SC.  
(Documentación interna)

## 3.2 Análisis de productividad de la máquina Mastercut (sección de troquelado).

El estudio se centra en la sección de troquelado puesto que afecta a más del 80% de la producción. (Figura 16)



Figura 16: Proceso de selección de troquelado.  
(Elaboración propia)

De los siete grupos contables en los que dividimos la producción (10, 10B1, 10P, 1CF, 1C, 1CN, 1CC), únicamente son dos los que no pasan por un proceso de troquelado. Aquellos productos fabricados en la case-maker o los productos finales de planchas de cartón.

**10B1:** Grupo contable al que pertenecen los productos terminados realizados en los siguientes procesos: Onduladora y Case-maker.

**10P:** Grupo contable al que pertenecen los productos terminados realizados en el proceso de onduladora.

Como punto de partida, se tomaron los KPI's de productividad de 2016 y seleccionamos la máquina Mastercut por ser la que más factura, llegando a generar más de 8 millones de metros cuadrados (8.247.185) y con un margen de mejora del 30%.

Tabla 1: KPI Productividad 2016 parte 1

zona maquina	MAQUINA	ARRANQUE			TIRADA							
		Cuenta de PT	Promedio de TIEMPO OPER	Suma de TIEMPO OPER	Cuenta de PT	Promedio de gol/h informe	Promedio de TIEMPO OPER	Suma de N° de golpes	Suma de TIEMPO OPER	Suma de M2 PRODUCIDOS	Promedio de GOLPES/HORA OBJ	Golpe/h trabaja da
A CORTADORAS	AA-P-APOLLO	3625	0,21	775,65	4968	5.865	0,83	21.994.457	4.139,50	21.426.710	4800	4.475
	AA-P-II	160	0,57	91,78	453	1.837	3,30	2.702.392	1.494,47	2.581.889	1500	1.704
A IMPRESORAS	A-ROLAND-900	1423	1,65	2.351,35	1764	3.419	1,46	8.523.763	2.569,17	7.712.583	2500	1.732
	A-ROLAND-904	1483	1,38	2.043,40	1806	3.566	1,37	9.455.041	2.474,92	8.984.990	2700	2.093
B-PLASTIFICADO	B-PLASTIFICADORA	38	1,64	62,42	75	1.010	3,17	197.955	237,65	144.976	600	660

Tabla 2: KPI Productividad 2016 parte 2

zona maquina	MAQUINA	ARRANQUE			TIRADA							Golpe/h trabaja da
		Cuenta de PT	Promedio de TIEMPO OPER	Suma de TIEMPO OPER	Cuenta de PT	Promedio de gol/h informe	Promedio de TIEMPO OPER	Suma de Nº de golpes	Suma de TIEMPO OPER	Suma de M2 PRODUCIDOS	Promedio de GOLPES/HORA OBJ	
E-CONTRAENCOLADO	E-ASITRADE	1518	0,47	720,45	2810	2.356	1,45	9.152.104	4.067,08	9.394.566	3000	1.912
	E-MINILAM	102	1,15	117,10	428	945	3,03	913.517	1.298,73	962.213	700	645
I-FLEXO	I-1600	1050	0,68	709,58	1186	2.274	1,69	4.705.029	2.001,58	4.033.858	2000	1.735
RSC	R-CURIONI	168	1,26	211,37	149	729	2,05	122.335	305,55	363.559	450	237
	R-MARTIN	1090	0,46	501,17	1176	4.019	1,22	5.650.453	1.434,13	4.350.846	2900	2.920
TRQ	T-130-ER	370	1,61	594,07	871	1.789	2,79	4.917.088	2.426,87	4.188.236	2000	1.628
	T-142-E	580	1,54	892,92	1105	2.162	2,56	6.445.273	2.833,88	6.023.117	2100	1.729
	T-1600-APR	1106	0,78	860,95	1595	1.702	1,77	4.663.005	2.819,62	4.657.879	1600	1.267
	T-1600-ER	256	1,67	426,58	661	1.159	3,84	3.022.501	2.540,75	2.739.385	1050	1.019
	T-1600-S	1104	0,83	919,65	1500	1.716	1,91	4.921.060	2.817,92	4.394.320	1500	1.250
	T-MASTERCUT	1365	0,78	1.060,02	2308	1.829	1,88	8.372.294	4.333,47	8.247.185	2300	1.552
	T1-142	22	0,84	18,48	156	1.273	4,72	939.332	736,37	757.939	1100	1.244
V-MANIPULADO	T-1600-SP	163	1,87	304,68	327	978	2,94	819.431	960,63	857.934	1050	648
	V-RODA	37	1,31	48,50	81	673	4,69	140.589	379,92	79.755	350	328
X-PEG	VT-VENTANAS	185	1,96	362,65	396	2.796	3,33	4.268.542	1.318,58	1.554.912	3000	2.539
	X-1250	159	1,13	179,83	384	6.158	2,99	7.640.396	1.146,95	1.405.347	6000	5.759
	X-AGR	10	1,89	18,93	49	476	4,08	104.507	200,12	35.059	750	477
	X-ALPINA	570	1,54	880,32	1165	9.979	3,06	40.370.820	3.567,72	6.176.147	9600	9.076
	X-DET	12	0,39	4,63	119	4.200	3,55	1.955.487	421,93	531.060	4700	4.584
	X-FARO	623	0,84	521,02	1173	3.283	2,61	11.072.258	3.066,20	3.258.544	3050	3.087
	X-PACIFIC	1236	1,05	1.291,85	1978	3.369	2,11	14.223.778	4.181,52	5.091.845	3200	2.599
	X-REVICART	27	0,86	23,13	67	1.252	3,12	223.851	209,35	70.806	450	963
	XT-DIANA	124	1,12	138,57	464	6.823	4,66	16.091.188	2.163,95	2.183.220	5900	6.989
XT1-UNIVERSAL	126	1,30	164,28	275	3.233	2,93	2.807.139	806,22	1.044.153	3200	2.892	

Estos datos se obtienen del sistema de toma de datos en planta TDP<sup>8</sup>, en donde los operarios graban diariamente los partes producidos tomando la hora inicio y fin del arranque y de la tirada y registrando a mano la cantidad producida y rechazada que marca el contador de cada máquina.

Este sistema de toma de datos tiene como inconveniente que los tiempos de paro no programados, no quedan registrados. Entendiendo como paro no programado todo aquel tiempo improductivo no previsto.

En caso de parada programada, existen códigos improductivos que justifican ese tiempo perdido como:

<sup>8</sup> TDP, "Toma de datos en planta": Indicador de productividad en planta.

- **Bocadillo:** Son 15 minutos por turno en el que el operario para la máquina para realizar un descanso y poder comer/almorzar.
- **Limpieza de máquina:** Cuando se termina un turno de trabajo se debe dejar la máquina limpia de los residuos de los trabajos.
- **Avería (Paros por mantenimiento):** Tiempo en el que la máquina se daña y recibe un mantenimiento correctivo.
- **Mantenimiento preventivo:** Cada semana, se programa un mantenimiento preventivo en la máquina.

Para establecer un punto de partida actual, calculamos el OEE<sup>9</sup>. Mediante el OEE comparamos que podríamos hacer si nuestra máquina funcionara perfectamente contra que hacemos realmente.

Es el indicador de la **disponibilidad**, el **rendimiento** y la **calidad** de nuestras máquinas. (Figura 17 y Figura 18)

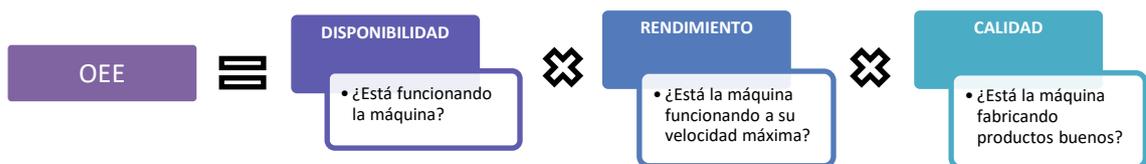


Figura 17: Cálculo de OEE I  
(Elaboración propia)



Figura 18: Cálculo de OEE II  
(Elaboración propia)

<sup>9</sup> OEE, "Overall Equipment Effectiveness": Indicador que marca la eficiencia global del equipo.

### **Eficiencia Total del Equipo = F x J x L x 100%**

- El tiempo de operación, es el tiempo obtenido del sistema de toma de datos en planta menos todo tiempo de paro no planificado. Este tiempo de operación dividido por el total de horas registradas en el mismo periodo se obtiene la **eficiencia en tiempo disponible**.
- **La eficiencia de producción** es obtenida de la velocidad real promedio del mismo periodo dividido por la velocidad objetivo descontando la producción rechazada registrada en los partes.
- **La eficiencia de calidad** la obtenemos por los datos de rechazo en cada pedido. En esta máquina, generalmente la producción rechazada es debido a los ajustes iniciales y no por problemas de calidad. Por lo que observaremos más adelante que ronda casi el 100% de eficiencia.

El objetivo de este análisis es determinar cuál de todos los factores que intervienen en la productividad es el más factible de mejorar o el más crítico.

Debido a que los datos que tenemos no son muy fiables puesto que no podemos obtener el tiempo de paros no planificados con el TDP, realizamos una nueva toma de datos a pie de máquina con el cronómetro en mano.

Esta fase del estudio duró 2 semanas en la que fuimos analizando horas alternas tanto de mañanas como de tardes para conseguir tomar datos de los 3 turnos, ya que van rotando semanalmente. Este estudio se encuentra reflejado en el ANEXO I.

El OEE está calculado a una semana tal y como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Cálculo de OEE

	(h)	COMENTARIO
A: Tiempo Real (h).	120	La máquina funciona los 3 turnos.
B: Tiempo de paros planificados (h).	8	En cada turno tienen 15 minutos de bocadillo y 15 min finales de limpieza de maquina y 30 a la semana.
C: Tiempo disponible en Horas (h).	112.000	A – B
D: Tiempo de paros no planificados (h).	42.291	
E: Tiempo de Operación (h).	69.709	C – D
<b>F: EFICIENCIA EN TIEMPO DISPONIBLE.</b>	<b>62.24%</b>	<b>E / C</b>
G: Producción Real (m2)	150684.5	
H: Velocidad Teórica. (golpes/hora)	2300	
I: Producción Teórica.	160331.282	E x H
<b>J: EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN</b>	<b>93.98%</b>	<b>G/I</b>
K: Producción rechazada. (Planchas)	400	
<b>L: EFICIENCIA EN CALIDAD</b>	<b>99.73%</b>	<b>(G - K) / G</b>
Eficiencia Total del Equipo = F x J x L x 100%		

$$\text{Eficiencia Total del Equipo} = F \times J \times L \times 100\%$$

$$\text{OEE} = \underline{58,34\%}$$

Observamos que mientras que la eficiencia en producción y en calidad superan el 90% de efectividad; el tiempo disponible se encuentra en un 62% reduciendo la eficiencia total del equipo a un escaso 58,34% de eficiencia.

Por tanto, éste es el punto más crítico y el que requiere de un proceso de mejora.

### 3.3 Justificación del método SMED

Una vez obtenido el OEE, pasamos a estudiar los resultados.

Como ya se ha comentado, al tener una eficiencia en tiempo tan reducida, la eficiencia total del equipo se ve afectada. Se necesita realizar varios estudios para determinar los problemas que ocasionan esos resultados y buscar soluciones a los defectos encontrados.

En este caso, necesitamos que el tiempo disponible de la máquina se utilice de una forma más eficiente.

Se conoce que el mayor problema de la eficiencia en tiempo, son: la cantidad de horas no planificadas que están presentes durante la producción. Por ello, todos los estudios que se realicen deberán tener como objetivo la reducción de este valor.

Para ello vamos a realizar dos procesos de mejora:

1. Analizar las microparadas detectadas presentes en la tabla 4 durante las semanas de toma de tiempos y realizar un estudio para poder conocer su origen y así poder eliminarlas. (Figura 19)

**Tabla 4: Microparadas**

Descripción	nº	n POND.	Seg	MEDIA Seg	Minutos	MEDIA Min	Tiempo POND.
01. Fallo en el loader	4	2.38%	211	52.75	3.517	0.879	2.84%
02. Problema en el introductorio	22	13.10%	1460	66.36	24.333	1.106	3.58%
03. Desajuste del plato	2	1.19%	412	206.00	6.867	3.433	11.10%
04. Fallo del plato	3	1.79%	195	65.00	3.250	1.083	3.50%
05. Recorte en el introductorio	2	1.19%	190	95.00	3.167	1.583	5.12%
06. Recorte en Chapa	4	2.38%	242	60.50	4.033	1.008	3.26%
07. Ajustes de troquel	20	11.90%	3874	193.70	64.567	3.228	10.44%
08. Recorte en pelados	28	16.67%	911	32.54	15.183	0.542	1.75%
09. Caja atascada en pelados	20	11.90%	695	34.75	11.583	0.579	1.87%
10. Ajuste de pelados	10	5.95%	1288	128.80	21.467	2.147	6.94%
11. Recorte en caída	5	2.98%	163	32.60	2.717	0.543	1.76%
12. Caja mal caída	20	11.90%	387	19.35	6.450	0.323	1.04%
13. Caja atascada en rotatorio	6	3.57%	275	45.83	4.583	0.764	2.47%
14. Eliminando recortes a mano	13	7.74%	1655	127.31	27.583	2.122	6.86%
15. Salida de palets llena	1	0.60%	360	360.00	6.000	6.000	19.41%
16. Colocando Palets	1	0.60%	83	83.00	1.383	1.383	4.47%
17. Acumulación en rotatorio	4	2.38%	509	127.25	8.483	2.121	6.86%
18. Poniendo esquineras	3	1.79%	373	124.33	6.217	2.072	6.70%
<b>Total general</b>	<b>168</b>	<b>100%</b>	<b>13283</b>	<b>1855.07</b>	<b>221.383</b>	<b>30.918</b>	<b>100%</b>

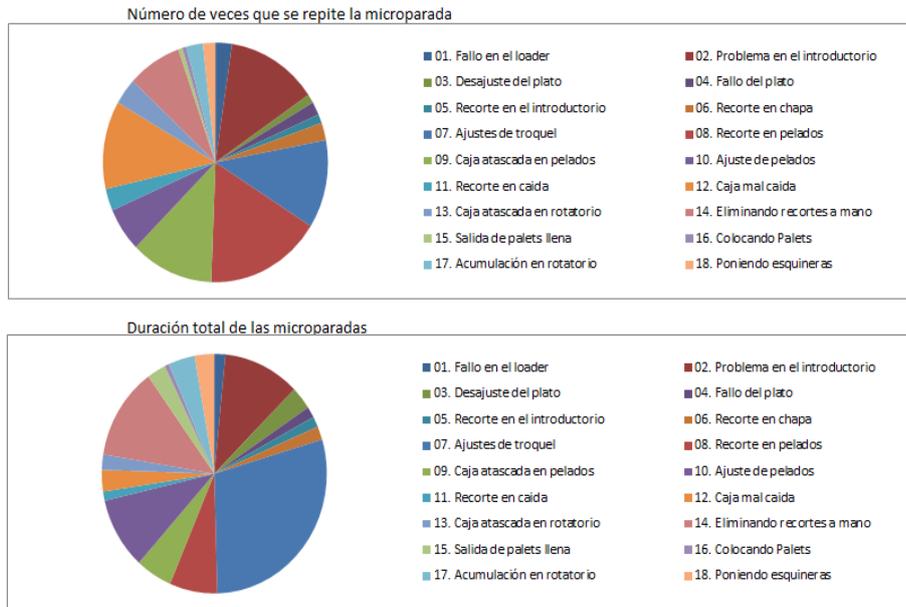


Figura 19: Análisis de microparadas

En este proceso, se necesita sobretodo la ayuda del departamento de mantenimiento, puesto que, el 90% de las microparadas detectadas requieren de mejoras o reformas en la máquina. Y esto, como hemos comentado, ha de realizarlo el responsable de mejora continua, los maquinistas y el departamento de mantenimiento.

(Aunque se haya mencionado y expuesto, este proceso no pertenece a este trabajo.)

2. Analizar los tiempos de cambio. Método SMED. En el estudio de paros se observó que un cambio debe realizarse en 25 minutos, sin embargo, los datos obtenidos rondan los 45 minutos. Aumentando así los tiempos improductivos sin justificación.

Reduciendo y estandarizando el tiempo de cambio mediante el método SMED supone una mejora de 10 puntos respecto a la posición actual. Consiguiendo mejorar la eficiencia disponible de 62.40 al 70 % y con ello mejorando la producción de la línea y con el impacto correspondiente en la facturación.

### **3.4 Conclusión del capítulo**

En este capítulo hemos introducido la empresa en la que se ha realizado el estudio: San Cayetano, empresa líder en el sector de embalajes de congelados. Y con ella la máquina de troquelado estudiada.

Mediante un estudio que indica la eficiencia global de la máquina (OEE) en cuanto a disponibilidad, rendimiento y calidad se ha observado como la disponibilidad presenta unos valores inferiores al resto y éstos tienen gran capacidad de mejora.

Por ello aparecen dos proyectos; el primero reducir el tiempo de microparadas que se producen en la máquina durante la tirada de la producción y el segundo realizar una reducción de tiempos de cambio.

Debido a que el primer punto se centra más en el departamento de mantenimiento, este proyecto va sobre reducir el tiempo de cambio de utillaje de 45 a 25 minutos.



## 4. ESTUDIO DEL PROCESO DE TROQUELADO

### 4.1 Partes de la máquina

En esta planta, además de la máquina troqueladora, disponemos de tres añadidos: el loader, el dynabreak y el dynapal, (Figura 20) distribuidos en la planta tal y como se muestra en la figura 21.

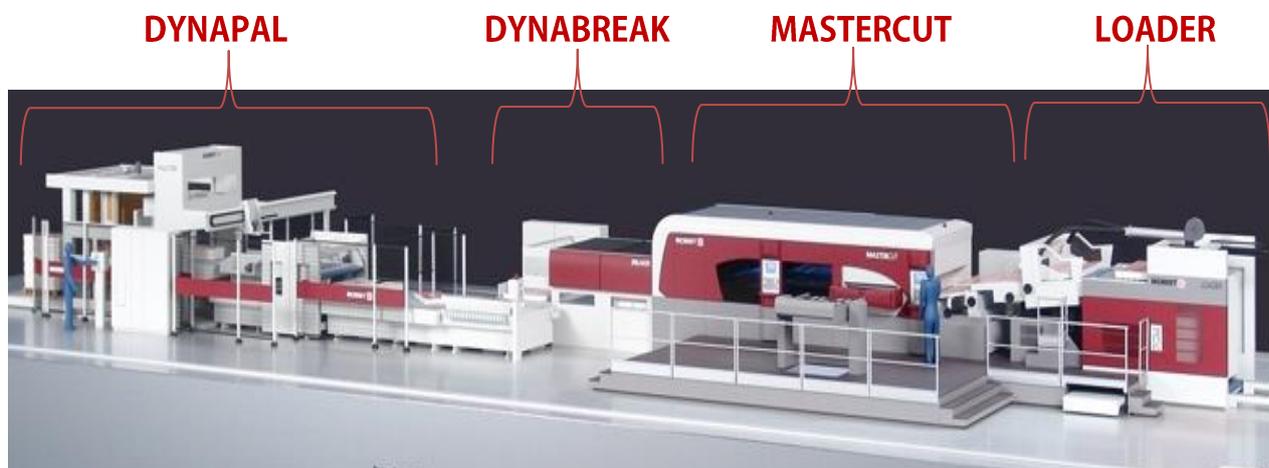


Figura 20: Máquina Mastercut  
 (stehlemodellbau.ch)

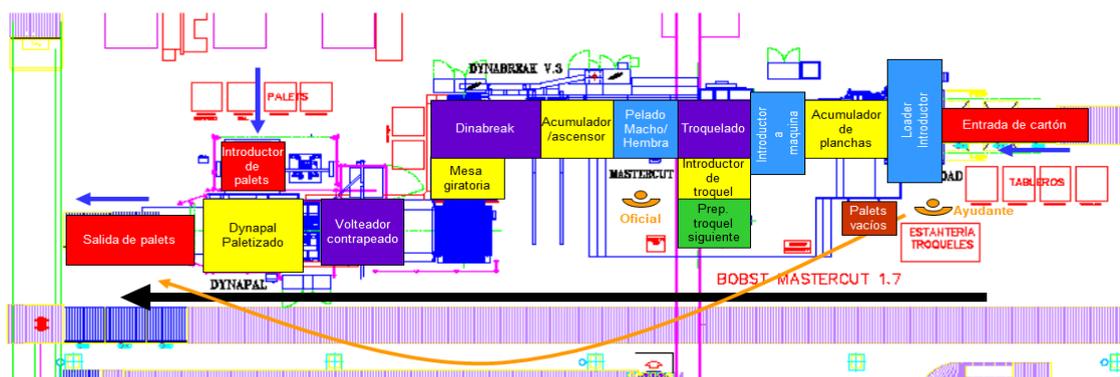


Figura 21: Plano ISC  
 (Documentación interna)

1. **LOADER:** Es la alimentadora, donde se sitúa la pila de hojas y por medio de un sistema de ventosas, se va aspirando y transportando hoja por hoja hasta la siguiente zona.

2. **MESA DE MARCADO:** Encamina las hojas provenientes de la alimentadora realizando el taqueado frontal y lateral con respecto al extremo de la hoja.

(Figura 22)



Figura 22: Mesa de marcado  
(stehlemodellbau.ch)

3. **TROQUELADORA:** Toda troqueladora plana consta de tres zonas (Figura 23):



Figura 23: Troqueladora  
(stehlemodellbau.ch)

**3.1 Prensa de platina:** En esta zona se realiza el troquelado/hendido, a través de la presión que ejercen las dos ramas, una porta troquel y la otra contra troquel.

**3.2 Estación de expulsión:** Separa los desperdicios de la hoja troquelada mediante la presión de dos ramas, el pelado hembra y el macho.

**3.3 Recepción:** Es donde se forma la pila con las planchas troqueladas. La plancha es soltada de la pinza y cae alineándose con los alineadores laterales y frontales. La altura de la pila es controlada por una fotocélula.

4. **DYNABREAK:** En el dynabreak las planchas se dividen en las cajas individuales que la componen, mediante un sistema de cuchillas que las separa. (Figura 24)

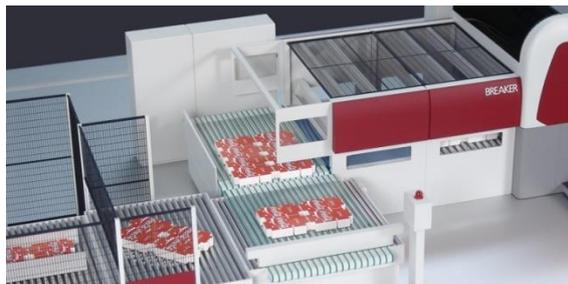


Figura 24: Dynabreak  
(stehlemodellbau.ch)

5. **DYNAPAL:** Permite el paletizado de las pilas de plancha, indicando la altura de paletizado precisa. (Figura 25)



Figura 25: Paletizador  
(stehlemodellbau.ch)

## 4.2 El proceso de troquelado

Previamente al estudio del SMED, es necesario comprender el proceso y determinar los tiempos promedio que toma cada actividad. Esto permitirá obtener las actividades que no generan valor.

La mejor manera para detectarlas consiste en pararse a observar de una manera crítica el puesto de trabajo, durante pequeños períodos de tiempo, y plantearse todo tipo de preguntas como: ¿qué se hace en este sitio de trabajo?, ¿cómo es realizada la tarea?, ¿por qué se hace así?, ¿por qué ocurre esto?, ¿Qué necesita para ello?... Cada una de estas preguntas tiene como propósito poner en evidencia las escenas del sitio de trabajo.

*Observe el taller de producción sin ideas preconcebidas y con la mente en blanco. Repita cinco veces <<por qué>> para cada asunto.*

**Taiichi Ohno**

Por ello, una vez explicada cada una de las partes, vamos a comenzar con la descripción de dicho proceso.

Para realizar un trabajo, primero retiramos todo lo del pedido anterior y nos disponemos a preparar el nuevo:

1. **El parte de trabajo:** Se cierra el pedido, se busca el nuevo parte y se introducen las medidas.
2. **El troquel<sup>10</sup>:** (Zona3.1) se saca de la unidad troqueladora la rama porta troquel de la máquina, se da la vuelta y se procede a destornillar los pernos que sostienen el troquel (Figura 26). Una vez retirado, se procede a colocar el nuevo y ajustarlo al marco a través de los pernos.



Figura 26: Troquel chanelado

3. **La platina contra-troquel:** (Zona 3.1) Para realizar la preparación de la platina, se coloca en las cuchillas dobladoras del troquel una matriz de plegado (chanel), que son cortadas al tamaño de la cuchilla, luego se retira los cobertores de las matrices y se ingresa el troquel en la máquina.

Se saca la rama contra troquel y se coloca la platina, se da marcha a la máquina para que las matrices se peguen a la platina (Figura 27) y luego se saca la rama contra troquel para retirar la parte plástica de las matrices.

---

<sup>10</sup> El troquel es un instrumento de bordes cortantes para recortar o estampar por presión.



Figura 27: Platina con las matrices pegadas

4. **El trazado:** (Zona 3.1) Se coloca entre el troquel y la platina. Se utiliza para poder dar más altura a las cuchillas del troquel y realizar un corte más exacto colocando unas cintas de papel carbón en la copia del troquel o trazado (Figura 28).



Figura 28: Trazado con cintas.

5. **Los pelados y la pinza:** (Zona 3.2 y 3.3) cada pedido dispone también de sus pelados que se sitúan en la zona de expulsión y que mediante la presión del inferior y el superior cae el recorte sobrante.

Una vez colocado todo, el último paso consiste en realizar las pruebas.

El oficial, pasa un pliego por la máquina y revisa el registro de la impresión tanto horizontal como vertical, si el registro falla horizontalmente se mueve la escuadra de la máquina la cantidad necesaria, y si falla verticalmente, se mueven los topes de la pinza la cantidad necesaria para que registre la impresión.

Con la misma hoja en la bandeja de salida se mueven los alineadores para registrar la salida del material y que este salga de manera ordenada y lista para el siguiente proceso.

Después el oficial registra la presión que la máquina necesita de acuerdo al material para troquelar las cajas.

Posteriormente se empieza a registrar el corte, es decir, que todas las cajas corten lo suficiente en cada cuchilla, en caso de que el corte no sea el adecuado, se procede a sacar la rama porta troquel y colocar más cinta en el pliego sobre la cuchilla que le falte corte, en ocasiones las cuchillas cortan demasiado y las cajas se trizan, en ese caso se procede a golpear la cuchilla para disminuir su altura, una vez registrado la impresión y el corte se procede a cargar el material en una pila para la alimentadora de la máquina, y con la pila puesta en la alimentadora se comienza a calibrar la succión de las hojas para que ingrese a la máquina.

Este proceso es el registro del trabajo. (Figura 29)

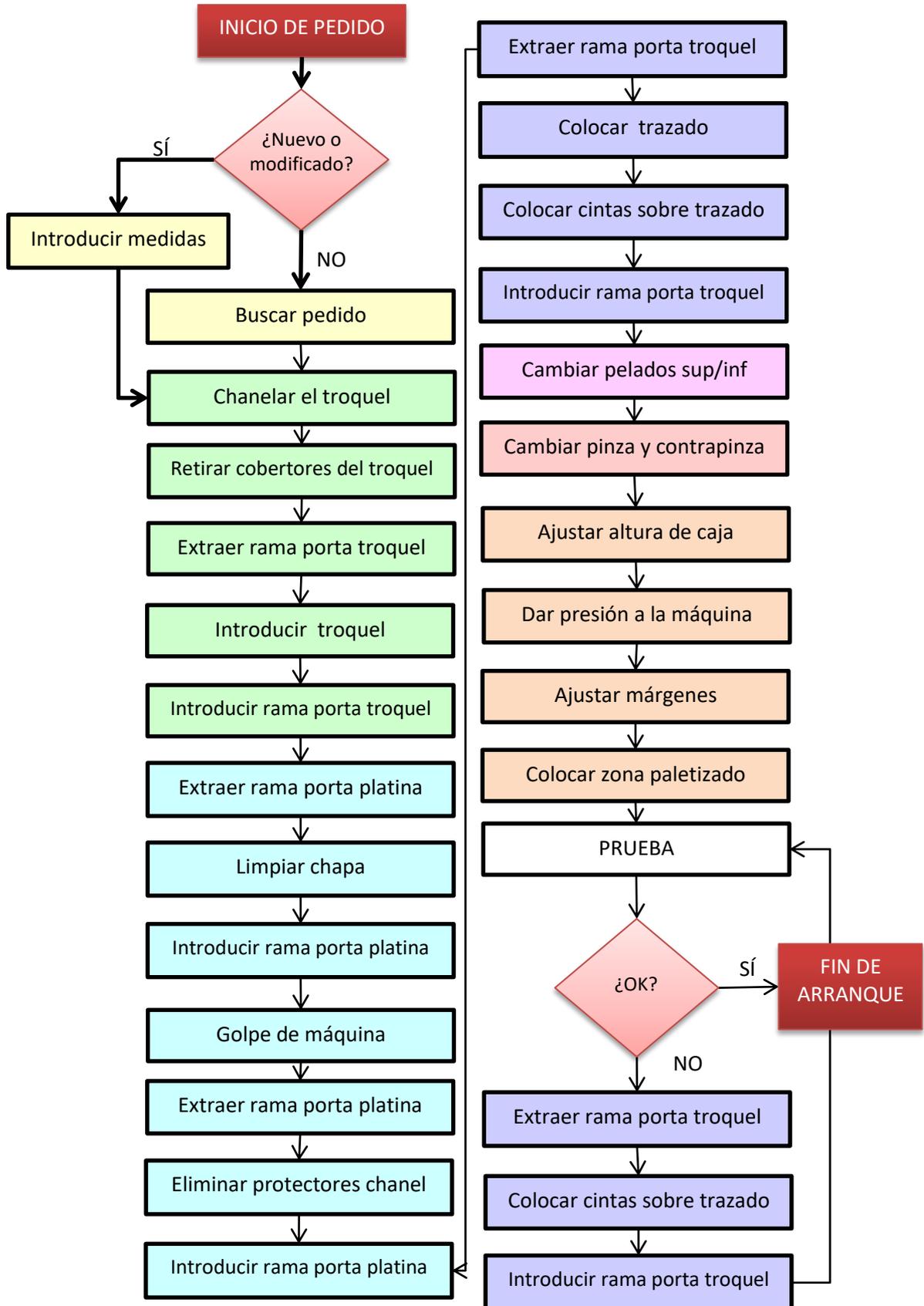


Figura 29: Proceso de arranque.  
(Elaboración propia)

### 4.3 Análisis de las actividades

Como primer paso, identificamos cada una de las actividades que se realizan en un cambio. Para ello mostramos una tabla con cada una de las actividades que se realizan por elemento de manera más precisa:

Tabla 5: Actividades en el cambio parte 1

	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	
1. Partes de trabajo	1.1	Buscar nuevo pedido
	1.2	Introducir medidas
2.1 Ajuste de troquel	2.1	Cortar los chaneles a medida de las cuchillas
	2.2	Colocar chaneles en el troquel
	2.3	Retirar los cobertores
2.2 Troquel	2.4	Abrir ventana de la unidad troqueladora
	2.5	Sacar la rama porta troquel
	2.6	Voltear la rama porta troquel
	2.7	Destornillar los pernos
	2.8	Retirar troquel
	2.9	Colocar nuevo troquel
	2.10	Atornillar los pernos
	2.11	Voltear la rama porta troquel
	2.12	Introducir la rama porta troquel
	2.13	Cerrar ventana de la unidad troqueladora
3. Platina	3.1	Sacar la rama porta platina
	3.2	Eliminar chaneles trabajo anterior
	3.3	Limpiar la chapa
	3.4	Introducir la rama porta platina
	3.5	Cerrar ventana de la unidad troqueladora
	3.6	Se da un golpe de máquina
	3.7	Abrir ventana de la unidad troqueladora
	3.8	Sacar la rama porta platina
	3.9	Eliminar protectores del chanelado
	3.10	Golpear bordes de las matrices con martillo
	3.11	Introducir la rama porta platina
	3.12	Cerrar ventana de la unidad troqueladora

Tabla 6: Actividades en el cambio parte 2

	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	
4. Trazado	4.1	Abrir ventana de la unidad troqueladora
	4.2	Sacar la rama porta troquel
	4.3	Levantar compuertas del porta troquel
	4.4	Retirar el trazado del trabajo anterior
	4.5	Colocar el trazado nuevo
	4.6	Colocar cintas sobre el trazado
	4.7	Cerrar compuertas del porta troquel
	4.8	Introducir rama porta troquel
5. Pelados de expulsión	5.1	Abrir ventana de la zona de expulsión
	5.2	Retroceder la lona
	5.3	Retirar pelado superior del trabajo anterior
	5.4	Retirar pelado inferior del trabajo anterior
	5.5	Colocar pelado superior del trabajo nuevo
	5.6	Colocar pelado inferior del trabajo nuevo
	5.7	Avanzar la lona
	5.8	Cerrar ventana de la zona de expulsión
6. Pinzas	6.1	Abrir ventana de recepción
	6.2	Retirar pinza del trabajo anterior
	6.3	Retirar contrapinza del trabajo anterior
	6.4	Colocar pinza del trabajo nuevo
	6.5	Colocar contrapinza del trabajo nuevo
	6.6	Cerrar ventana de recepción
7. Prueba	7.1	Colocar plancha introductoria
	7.2	Ajustar altura de cajas
	7.3	Dar presión a la máquina
	7.4	Ajustar márgenes
	7.5	Ajustar troquel (Paso 2.1)
		PRUEBA OK!

La toma de tiempo que toma cada actividad, es una de las partes más importante del análisis de la situación actual.

Sin embargo, solo una vez el proceso a medir está optimizado desde el punto de vista del estudio de métodos, se procede a llevar a cabo el estudio de tiempos ya que sino el estudio de tiempos no valdría para nada.

Uno de los requisitos fundamentales para esta parte del proceso es que la persona que vaya a realizar el proyecto esté familiarizada con el proceso y que su involucración sea total, es decir, un operario cualificado.

Un operario cualificado entendiéndose como tal *“Aquel de quien se reconoce que tiene las aptitudes físicas necesarias, que posee la requerida inteligencia e instrucción y que ha adquirido la destreza y conocimientos necesarios para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad.”* (Vázquez, 2018).

Para partir de una base, analizamos los datos provenientes del TDP<sup>11</sup>.

Esta tabla (Tabla 7) muestra el tiempo promedio en horas de cambio de los tres oficiales de la máquina durante las 12 primeras semanas del año 2017.

En ella, se puede observar como no existe una duración de cambio exacto, esto se debe a que como se ha comentado en otras ocasiones, la empresa trabaja bajo pedido. Cada pedido es diferente en cuanto a factores como tamaño, cantidad, calidad... que afectan al tiempo de preparación.

Sin embargo, sí que hay un dato que llama la atención en la tabla y es que hay aproximadamente diez minutos de media de diferencias entre unos oficiales y otros. Y esto no debería de ser así puesto que no hay selección de trabajos por oficial, sino que todos realizan todo tipo de trabajos.

**Tabla 7: Tiempo promedio de cambio por oficial en horas**

Promedio de TIEMPO OPER	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total general
<b>FU, G</b>	0,4916	0,4636	0,3766	0,4958	0,5625	0,4708	0,5399	0,4129	0,3354	0,4651	0,4041	<b>0,45617</b>
<b>GO, A</b>		0,7527	0,9476	0,6488	0,5303	0,5233	0,4766	0,351	0,6645	0,6666		<b>0,59273</b>
<b>IS, F</b>	0,3277	0,5047	0,7083	0,5895	0,4033	0,3138	0,2333	0,2428	0,3812	0,4400	0,6027	<b>0,42704</b>

Este primer estudio nos sirve para identificar qué oficiales actualmente realizan los cambios de forma más rápida aunque ésta no tiene por qué ser la óptima.

<sup>11</sup> TDP: Toma de datos en planta.

Escogemos al operario que mejores tiempos ha conseguido a lo largo de las semanas evaluadas y con un cronómetro en mano estudiamos los tiempos de cada actividad.

Además del cronómetro para la toma de tiempos, otro gran método para este proceso sería grabar en video. De esta forma, se ve de una manera más clara todas las actividades y movimientos/desplazamientos que se realizan. Además, este sistema permite poder verlo y repetirlo las veces que fuese necesario para el estudio. (Sin embargo, para este proyecto universitario, no vamos a trabajar con videos puesto que supondría tener que solicitar más derechos de los que la empresa nos permite.)

La tabla completa de toma de tiempos se encuentra en el ANEXO II, sin embargo, para el resto del estudio vamos a continuar con una tabla resumida de las actividades como es la tabla que se muestra a continuación.

**Tabla 8: Tiempos por actividad**

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD		TIEMPO	SIMBOLO				
1	Buscar nuevo pedido	0,33	●	⇒	D	□	▽
	Introducir medidas	0,67	●	⇒	D	□	▽
2.1	Ajuste de troquel	10	●	⇒	D	□	▽
2.2	Retirar troquel	1,67	●	⇒	D	□	▽
	Colocar nuevo troquel	3,33	●	⇒	D	□	▽
3	Limpiar la chapa	3,58	●	⇒	D	□	▽
	Eliminar protectores del chanelado	2	●	⇒	D	□	▽
4	Retirar el trazado del trabajo anterior	1,92	●	⇒	D	□	▽
	Colocar el trazado nuevo	2,5	●	⇒	D	□	▽
	Colocar cintas sobre el trazado	3,25	●	⇒	D	□	▽
5	Cambio de pelado inferior y superior	1,83	●	⇒	D	□	▽
6	Cambio de pinza y contrapinza	1,67	●	⇒	D	□	▽
7	Preparar introductorio	5	●	⇒	D	□	▽
	Ajustar altura de cajas	0,58	○	⇒	D	□	▽
	Dar presión a la máquina	0,83	●	⇒	D	□	▽
	Ajustar márgenes	0,42	○	⇒	D	□	▽
	Ajustar troquel (Paso 2.1)		○	⇒	D	□	▽

Además de los tiempos observados, incorporamos un diagrama de flujo de proceso que nos permite tener una perspectiva más clara del proceso. Esta representación ayuda a visualizar las actividades que se realizan en un proceso y/o las actividades que se llevan a cabo para la fabricación de un producto o pieza, y está compuesto por 5 símbolos definidos en 1972 por la ASME (American Society of Mechanical Engineers ).:

Tabla 9: Simbología de flujo de trabajo

ACTIVIDAD	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
OPERACIÓN	○	Se produce o se realiza algo
TRANSPORTE	⇒	Se cambia de lugar o se mueve un objeto
INSPECCIÓN	D	Se verifica la cantidad o la calidad del producto
DEMORA	□	Se interfiere o se retrasa el paso siguiente
ALMACENAJE	▽	Se guarda o se protege el producto o los materiales

Tras la toma de tiempos vemos que los mayores tiempos se consumen en realizar los ajustes al troquel, es decir, en cortar los chaneles a medida de las cuchillas o encauchar si fuera necesario el troquel.

Por otro lado, el ajuste de troquel tras una primera prueba es uno de los procesos más duraderos. Sin embargo, éste no puede ser cronometrado ya que no es una actividad estándar. Realizar éstos ajustes de troquel va en función de la calidad del cartón, de la temperatura, humedad... es decir, de factores externos al oficial o a la máquina por lo que el tiempo puede oscilar entre 0 minutos a 2 o más horas.

## 4.4 Conclusión del capítulo.

En este capítulo hemos presentado en profundidad la máquina del estudio, sus partes y su proceso a la hora de realizar un cambio.

Por otro lado, hemos identificado todas las actividades que se llevan a cabo para proceder a un estudio de tiempos.

Para ello, basándonos en un pequeño estudio, hemos seleccionado al trabajador más cualificado y mediante la toma de tiempos con un cronometro en máquina, hemos obtenido los “tiempos tipo” de cada actividad.



## 5. DISEÑO DEL MÉTODO SMED

### 5.1 Cálculo del tiempo estándar

Para continuar con el método SMED es necesario, una vez analizadas todas las actividades, comenzar con el estudio de tiempos estándar.

Para calcular este tiempo, es necesario calcular inicialmente el tiempo básico.

**Tiempo básico:** Tiempo que tardaría un operario de complejidad física normal, sin carga, en un terreno llano en línea recta y en un clima templado en ejecutar una operación. (Vázquez, 2018)

Sin embargo, puesto que ningún operario puede mantener este ritmo durante todo un día de trabajo, debemos añadir los **suplementos** que pueden ser de cuatro tipos tal y como se muestra en las diapositivas de “*Decisiones sobre capacidad. Técnicas para la toma de tiempos.*” Vázquez, 2018:

1. Por descanso: Da oportunidad al operario de recuperarse de los efectos físicos y psicológicos causados por la ejecución del trabajo en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales.
2. Por contingencia: tiempo de ejecución para contabilizar las demoras inevitables, además de los pequeños trabajos fortuitos que aparecen sin frecuencia ni regularidad.
3. Por política de la empresa: Se aplica cuando hay que ajustar el tiempo del operario a su convenio salarial.
4. Especiales: Se conceden por actividades que normalmente no forman parte del ciclo de trabajo pero sin las cuales no podría realizarse.

Por tanto para calcular el tiempo estándar de cada operación tomaremos el tiempo básico de 20 cambios y le sumaremos las tolerancias requeridas.

En este caso las tolerancias de los suplementos son las tablas establecidas por la ILO (Internacional Labour Organization).

Tabla 10: Tablas de suplementos OIT

SUPLEMENTOS CONSTANTES		
	HOMBRE	MUJER
<b>A. Suplemento por necesidades personales</b>	5	7
<b>B. Suplemento base por fatiga</b>	4	4
SUPLEMENTOS VARIABLES		
<b>A. Por trabajar de pie</b>	2	4
<b>B. Por postura anormal</b>		
Ligeramente incomoda	0	1
Incomoda (inclinado)	2	3
Muy incomoda (Echado, estirado)	7	7
<b>C. Uso de fuerza/energía muscular (peso levantado)</b>		
2.5	0	1
5	1	2
10	3	4
25	9	20
<b>D. Mala iluminación</b>		
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0
Bastante por debajo	2	2
Absolutamente insuficiente	5	5
<b>E. Condiciones atmosféricas (Índice de enfriamiento Kata)</b>		
16	0	0
8	10	10
4	45	45
<b>F. Concentración intensa</b>		
Trabajo de cierta preocupación	0	0
Trabajos precisos o fatigosos	2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
<b>G. Ruido</b>		
Continuo	0	0
Intermitente y fuerte	2	2
Intermitente y muy fuerte, estridente	5	5
<b>H. Tensión mental</b>		
Proceso bastante complejo	1	1
Proceso complejo o atención dividida en muchos objetos	4	4
Muy complejo	8	8
<b>I. Monotonía</b>		
Trabajo algo monótono	0	0
Trabajo bastante monótono	1	1
Trabajo muy monótono	4	4
<b>J. Tedio</b>		
Trabajo algo aburrido	0	0
Trabajo bastante aburrido	2	1
Trabajo muy aburrido	5	2

En nuestro caso vamos a utilizar los suplementos constantes (9) ya que se deben incluir en todos los estudios y, variables que dependen de las

condiciones de trabajo como: la postura de pie (2), ruido fuerte (2) y tensión mental (1). Por tanto, nuestro factor de tolerancia será 14.

Una vez tenemos todos los datos necesarios, pasamos a cronometrar 20 cambios aleatorios tanto de trabajo como de oficial/ayudante.

Estos se muestran en la siguiente tabla (Tabla 11) en donde se recoge los tiempos por actividad, el resumen de tolerancias, los cálculos respectivos y el tiempo estándar.

Debido a que no podemos controlar el ritmo de trabajo, vamos a utilizar un método en el que obtenemos un factor de desempeño para los elementos. Este consiste en comparar los tiempos observados reales con el tiempo elemental obtenido. Es decir, obtener una nivelación dividiendo el tiempo del programa de producción para el tiempo observado.

A tener en cuenta es por ejemplo que la introducción de medidas únicamente se produce cuando es un pedido nuevo o viene con alguna modificación.

Por otro lado, en los resultados obtenidos se observa como en la colocación o retirada del troquel o en las colocaciones de trazado, obtenemos tiempos inferiores al tiempo tipo. Esto se debe a que en el tiempo tipo calculado únicamente lo realizaba el oficial asignado, sin embargo, en la práctica suelen participar tanto oficial como ayudante reduciendo así el tiempo.

Y por último, como hemos comentado, el ajuste de troquel varía en función de factores externos a la máquina o el operario por lo que no es posible asignar un tiempo estándar.

Finalmente, resulta un tiempo estándar total de 44,39 minutos.

Tabla 11: Cálculo de tiempo estándar

Ajustar troquel	márgenes	a la máquina	altura de cajas	introducir torio	Cambio pinza	de pelados	sobre el trazado	trazado nuevo	trazado anterior	chanelado	Limpiar chapa	nuevo troquel	Retirar troquel	de troquel	r medidas	nuevo pedido	PEDIDO
-	0,667	0,667	0,583	2,350	2,083	1,583	5,250	1,533	0,950	1,033	3,733	1,250	1,420	10,533	-	0,383	CF86299-10
6,633	0,522	1,417	1,200	3,125	2,750	1,333	1,017	1,683	1,933	1,367	1,583	1,583	0,783	12,950	-	0,333	1086313-10
8,040	0,580	2,330	0,966	2,438	2,330	2,816	3,250	2,100	2,000	3,417	3,830	2,683	1,916	15,500	-	0,267	CF86504-10
10,800	0,667	2,000	1,000	3,490	2,250	2,500	2,417	3,000	2,420	4,500	5,830	3,330	1,670	9,550	1,167	0,330	CF86416-10
27,585	0,500	1,000	0,667	2,166	2,033	2,083	5,783	1,916	1,750	2,950	4,017	2,783	1,483	12,667	1,283	1,580	CF86475-10
49,017	0,750	1,480	0,500	10,788	2,000	1,830	4,250	3,367	1,716	2,583	5,580	3,000	0,783	13,600	0,670	0,253	CF86481-10
-	0,966	0,830	0,430	1,998	1,700	1,900	3,500	2,500	1,920	1,783	3,250	3,330	1,670	10,000	0,670	0,330	CF86089-10
13,833	0,483	1,216	0,580	15,331	3,130	1,600	3,250	2,250	1,920	2,330	1,950	2,550	1,300	11,834	-	0,300	CF86452-20
-	0,300	1,000	0,750	17,500	1,670	1,830	3,250	2,500	1,683	1,320	1,580	1,667	1,017	8,830	1,033	0,200	CFF12914-10
15,920	0,416	0,850	0,580	4,112	1,500	1,500	1,000	1,083	1,776	0,833	2,000	1,038	1,569	5,298	0,670	0,330	10F12932-40
25,680	0,921	1,000	0,600	2,190	2,478	2,316	2,947	2,808	2,417	2,833	4,500	3,783	2,450	10,000	0,889	0,293	CF86089-10
68,745	0,416	0,830	1,000	10,496	1,670	2,100	5,210	2,500	1,920	2,000	3,580	3,330	1,670	19,115	0,670	0,330	1086556-10
8,364	0,480	0,625	0,350	3,798	1,700	1,830	3,250	1,000	0,985	0,899	2,000	1,600	0,889	10,743	-	0,229	1086357-10
38,584	0,416	0,830	0,580	1,689	1,670	1,830	3,250	2,500	1,920	2,000	3,580	3,330	1,670	8,000	0,670	0,330	1086315-10
30,000	0,800	0,880	0,480	5,771	2,658	3,100	2,200	2,500	2,110	3,650	9,548	3,330	2,025	10,000	1,500	0,300	1085601-10
303,202	8,883	16,954	10,266	87,242	31,622	30,152	49,823	33,240	27,420	33,498	56,561	38,588	22,315	168,620	9,222	5,789	TOTAL
	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10	15	Nº OBSERV
	0,592	1,130	0,684	5,816	2,108	2,010	3,322	2,216	1,828	2,233	3,771	2,573	1,488	11,241	0,922	0,386	T. MEDIO
	0,416	0,83	0,58	5	1,67	1,83	3,25	2,5	1,92	2	3,58	3,33	1,67	10	0,67	0,33	TIEMPO TIPO
	0,702	0,734	0,847	1,163	0,792	0,910	0,978	0,886	0,952	0,896	0,949	0,773	0,891	0,890	0,727	0,855	E.DE NIVELA.
	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	E TOLERAN.
	0,474	0,946	0,661	7,713	1,904	2,086	3,705	2,239	1,984	2,280	4,081	2,266	1,511	11,400	0,764	0,376	TIEMPO ESTANDAR

## 5.2 Separar lo interno de lo externo.

Una vez que se determina el tiempo estándar de cada operación, el método SMED continúa con la identificación de las actividades internas y externas, esta es la primera y mayor reducción de tiempo.

Siendo las **actividades internas** aquellas que deben realizarse con la máquina parada y las **externas** las que se pueden realizar con la máquina en marcha.

Para identificar las actividades en interna o externa basta con utilizar la tabla simplificada de actividades.

Tabla 12: Actividades internas/externas

ACTIVIDAD		TIEMPO	INT/EXT
1	Buscar nuevo pedido	0,376	Externo
	Introducir medidas	0,764	Interno
2.1	Ajuste de troquel	11,4	Externo
2.2	Retirar troquel	1,511	Int/Ext
	Colocar nuevo troquel	2,266	Int/Ext
3	Limpiar la chapa	4,081	Interno
	Eliminar protectores del chanelado	2,28	Interno
4	Retirar el trazado del trabajo anterior	1,984	Externo
	Colocar el trazado nuevo	2,239	Interno
	Colocar cintas sobre el trazado	3,705	Interno
5	Cambio de pelado inferior y superior	2,086	Interno
6	Cambio de pinza y contrapinza	1,904	Interno
7	Preparar introductorio	7,713	Externo
	Ajustar altura de cajas	0,661	Interno
	Dar presión a la máquina	0,946	Interno
	Ajustar márgenes	0,474	Interno
	Ajustar troquel (Paso 2.1)		Interno

En la tabla se identifican cuatro operaciones externas; la primera, la búsqueda del nuevo pedido se puede ir realizando mientras finalizan las últimas tiradas del pedido.

El ajuste de troquel, debido a que se tienen la mesa vertical externa, el troquel se puede ir preparando y ajustando fuera de máquina, por otro lado el trazado se encuentra situado en el lado opuesto del troquel, por lo que en la mesa vertical también podemos eliminar el trazado anterior.

A la hora de retirar o introducir el nuevo troquel, lo único que se debe hacer es situar en posición horizontal la mesa y deslizar los troqueles para realizar su cambio y ya durante la tirada de máquina proceder a retirar los pernos y recoger el troquel.

Por último, dentro del apartado de la prueba inicial, sería una tarea externa todo lo relacionado con la preparación de las planchas en la cinta del introductor.

Por tanto y como conclusión a este apartado, podemos reducir el tiempo de preparación externalizando estas operaciones.

Tabla 13: Tiempo total estándar

Tiempo total inicial	44,39 minutos
Tiempo externo	23,74 minutos
<b>Tiempo total final</b>	<b>20,65 minutos</b>

### 5.3 Equilibrar cargas de trabajo.

A continuación, es necesario determinar el tiempo en proceso ya que en la máquina trabajan un oficial y un ayudante y muchas de las actividades se realizan en paralelo.

Por ello hemos elaborado una tabla identificando cada actividad como:

- **Individual:** el operario trabaja sin interactuar con ningún otro.
- **Compartida:** El operario trabaja junto con otro operario en la misma actividad.

Y además como:

- **Oficial:** Tareas que puede realizar el oficial de la máquina.
- **Ayudante:** Tareas que puede realizar el ayudante de la máquina.

**Tabla 14: Reparto de tareas parte 1**

		DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	INDIV.	COMP.	OF.	AY.
1. Partes de trabajo	1.1	Buscar nuevo pedido	1		1	
	1.2	Introducir medidas	1		1	
2.1 Ajuste de troquel	2.1	Cortar los chaneles a medida de las cuchillas		1	1	1
	2.2	Colocar chaneles en el troquel		1	1	1
	2.3	Retirar los cobertores		1	1	1
2.2 Troquel	2.4	Abrir ventana de la unidad troqueladora	1		1	
	2.5	Sacar la rama porta troquel	1		1	1
	2.6	Voltear la rama porta troquel		1	1	1
	2.7	Destornillar los 6 pernos		1	1	1
	2.8	Retirar troquel		1	1	1
	2.9	Colocar nuevo troquel		1	1	1
	2.10	Atornillar los 6 pernos		1	1	1
	2.11	Voltear la rama porta troquel		1	1	1
	2.12	Introducir la rama porta troquel	1		1	1
	2.13	Cerrar ventana de la unidad troqueladora	1		1	
3. Platina	3.1	Sacar la rama porta platina	1		1	1
	3.2	Eliminar chaneles trabajo anterior		1	1	1
	3.3	Limpiar la chapa		1	1	1
	3.4	Introducir la rama porta platina	1		1	1
	3.5	Cerrar ventana de la unidad troqueladora	1		1	
	3.6	Se da un golpe de máquina	1		1	
	3.7	Abrir ventana de la unidad troqueladora	1		1	
	3.8	Sacar la rama porta platina	1		1	1
	3.9	Eliminar protectores del chanelado		1	1	1
	3.10	Golpear bordes de las matrices con martillo		1	1	1
	3.11	Introducir la rama porta platina	1		1	1
	3.12	Cerrar ventana de la unidad troqueladora	1		1	

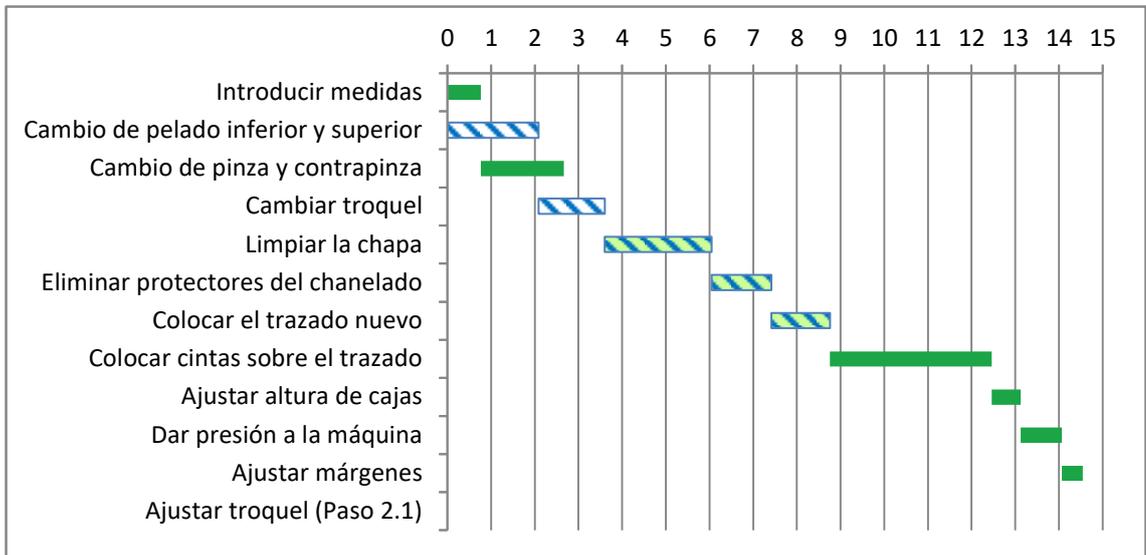
Tabla 15: Reparto de tareas parte 2

		DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	INDIV.	COMP.	OF.	AY.
4. Trazado	4.1	Abrir ventana de la unidad troqueladora	1		1	
	4.2	Sacar la rama porta troquel	1		1	1
	4.3	Levantar compuertas del porta troquel		1	1	1
	4.4	Retirar el trazado del trabajo anterior	1		1	1
	4.5	Colocar el trazado nuevo		1	1	
	4.6	Colocar cintas sobre el trazado	1		1	
	4.7	Cerrar compuertas del porta troquel	1		1	1
	4.8	Introducir rama porta troquel	1		1	1
5. Pelados de expulsión	5.1	Abrir ventana de la zona de expulsión	1		1	
	5.2	Retroceder la lona	1		1	1
	5.3	Retirar pelado superior del trabajo anterior	1		1	1
	5.4	Retirar pelado inferior del trabajo anterior	1		1	1
	5.5	Colocar pelado superior del trabajo nuevo	1		1	1
	5.6	Colocar pelado inferior del trabajo nuevo	1		1	1
	5.7	Avanzar la lona	1		1	1
	5.8	Cerrar ventana de la zona de expulsión	1		1	
6. Pinzas	6.1	Abrir ventana de recepción	1		1	
	6.2	Retirar pinza del trabajo anterior	1		1	1
	6.3	Retirar contrapinza del trabajo anterior	1		1	1
	6.4	Colocar pinza del trabajo nuevo	1		1	1
	6.5	Colocar contrapinza del trabajo nuevo	1		1	1
	6.6	Cerrar ventana de recepción	1		1	
7. Prueba	7.1	Colocar plancha introductoria		1	1	1
	7.2	Ajustar altura de cajas	1		1	
	7.3	Dar presión a la máquina	1		1	
	7.4	Ajustar márgenes	1		1	
	7.5	Ajustar troquel (Paso 4)	1		1	

Observamos como el ayudante puede realizar o ayudar en la mayoría de las actividades siempre que no consistan en el manipulado de la máquina.

Presentamos un posible escenario de las tareas internas obtenidas mediante un diagrama de GANTT (Gráfico 1), repartiendo las tareas entre el oficial (Verde) y el ayudante (Azul) acorde los tiempos obtenidos.

Gráfico 1: Diagrama de Gantt



De esta manera, trabajarían de forma paralela en las zonas 3.3 recepción y 3.2 expulsión, véase figura 30.



Figura 30: Mastercut  
 (stehlemodellbau.ch)

El oficial rellena inicialmente los partes e introduce las medidas en la pantalla que se encuentra entre ambas zonas y después cambia la contrapinza de la zona 3.3; mientras el ayudante cambia pelado inferior y superior de la zona 3.2.

Una vez finalizado, ambos se dirigen a la zona 3.1 prensa, en donde se encuentra el troquel, la plancha y el trazado. Realizan los cambios de forma conjunta para agilizar el proceso.

Y por último, en lo que el oficial prepara el trazado y realiza los ajustes, el ayudante es el encargado de colocar toda la zona de paletizado.

El tiempo del proceso se ha reducido a 14,54 minutos.

Puesto que el ajuste de troquel como hemos indicado en otras ocasiones es ajeno al control de operario, fijamos un objetivo de 25 minutos. Dejando unos 10 minutos aprox. de margen sobre éste factor.

## 5.4 Estandarización

Una vez elaborado el proyecto e implantada la mejora, el siguiente paso es crear los estándares de trabajo de acuerdo con el nuevo proceso.

Para ello, creamos un check list (Figura 31) de forma que, eventualmente se puedan evaluar cambios y detectar de esta forma si hay nuevos indicios o incidentes que afecten a la perdurabilidad del estudio.

Dicha hoja está dividida en tres grupos: General, oficial y ayudante y a cada grupo le corresponden ciertas preguntas, que el auditor evalúa asignándoles un puntaje de 0 a 3, según su criterio.

0: Se aplica menos de un 10%

1: Se aplica entre 10% y 50%

2: Se aplica entre un 50% y un 90%

3: Se aplica más de un 90%

NA: No se aplica.

Durante estas auditorías deben estar presentes tanto los trabajadores de la máquina como el jefe de turno asignado y el auditor. Y sus resultados deben ser expuestos de forma que, tanto los directivos como los trabajadores puedan verlos. Estas auditorías, conviene hacerlas inicialmente cada semana.

Una vez el proceso está totalmente instaurado, se va prolongando en el tiempo siempre que no haya alteraciones en el proceso de cambio.

<b>GENERAL</b>		0	1	2	3	NA	<b>Comentarios</b>
1	¿Está definido el proceso óptimo de cambio de formato y la preparación del mismo (checklist)?						
2	¿Está presente en algún lugar de la máquina/área?						
3	¿Los operarios conocen este método de trabajo estándar?						
4	¿Se está siguiendo el proceso de cambio definido? ¿Es fácil o difícil averiguarlo?						
5	¿Se realizan supervisiones periódicas?						
6	¿Aparecen desviaciones del método estándar?						
7	¿Se realizan tareas en Máquina Parada susceptibles de hacerse en Máquina en Marcha?						
8	¿Se aprecia la disposición de útiles/herramientas según la herramienta SMED?						
9	¿Existe un modo visual de comprobar tiempo de cambio de la instalación y su evolución en cada máquina, proceso o área de producción?						
10	¿Se ha hecho partícipe de la herramienta SMED al personal de planta?						
							<b>___ / 30 =</b>
<b>¿Cómo se supervisa?</b>							
<b>¿Cómo se toman acciones cuando existen desviaciones del estándar?</b>							
<b>OFICIAL</b>		0	1	2	3	NA	<b>Comentarios</b>
1	Es consciente y conocedor de la técnica SMED						
2	¿Se ajusta a los tiempos establecidos en cada actividad?						
3	¿Tiene todas las herramientas a su alcance?						
4	¿Realiza desplazamientos innecesarios?						
5	¿Posee tiempo ocioso durante todo el proceso de cambio?						
6	¿Mantiene comunicación directa con su ayudante?						
7							
							<b>___ / 18 =</b>
<b>AYUDANTE</b>		0	1	2	3	NA	<b>Comentarios</b>
1	Es consciente y conocedor de la técnica SMED						
2	¿Se ajusta a los tiempos establecidos en cada actividad?						
3	¿Tiene todas las herramientas a su alcance?						
4	¿Realiza desplazamientos innecesarios?						
5	¿Posee tiempo ocioso durante todo el proceso de cambio?						
6	¿Mantiene comunicación directa con su oficial?						
7							
							<b>___ / 18 =</b>
<b>GLOBAL</b>							<b>___ / 66 =</b>
<p><b>Criterios de puntuación:</b> 0 =&gt; se aplica menos de un 10%; 1 =&gt; se aplica entre un 10% y un 50%; 2=&gt; se aplica entre un 50% y un 90%; 3 =&gt; se aplica más de un 90%; NA =&gt; No aplica</p>							
Evaluación realizada por:				Evaluación validada por:			
Fecha:				Fecha:			

Figura 31: Evaluación SMED SC  
 (Documentación interna)

Para poner en evidencia las medidas y evaluaciones, comenzamos con los conceptos de fábrica visual. Como expresa Arrieta (2011) en su libro *Ayudas para el mejoramiento de los procesos productivos*, éstos, permiten evaluar en tiempo, el comportamiento de la máquina y sus diferentes procesos, de una manera ágil y sencilla. Para ello, se realizan gráficas y diagramas de los diferentes indicadores. En la máquina, tenemos un tablón denominado “Tablero de comunicación” en donde semanalmente se actualizan los datos.

PRODUCTIVIDAD. Están representadas cuatro gráficas:

- La productividad mensual en golpes/hora frente a la productividad mensual del año anterior.
- La productividad semanal por operario y turno en golpes/hora.
- El número de pedidos medios mensuales.
- La cantidad de merma generada en Kg frente a la merma mensual generada el año anterior.

CALIDAD. En este apartado se sitúan los procesos y procedimientos especiales relacionados con la calidad del pedido.

Además, en este apartado, se situarían reclamaciones o disconformidades del cliente siempre que éstas hayan sido generadas en dicha máquina.

5S. En el espacio dedicado a las 5S aparecen 4 documentos:

- El calendario de implantación de las 5S.
- El estándar de limpieza de la máquina (Figura 4).
- Los resultados de las auditorías realizadas (Figura 7).
- El plan de acción llevado a cabo durante el proyecto de 5S.

Por tanto, y para finalizar con este proceso, reorganizamos el tablón para dejar un espacio a los nuevos indicadores y estándares procedentes del SMED. (Figura 32)

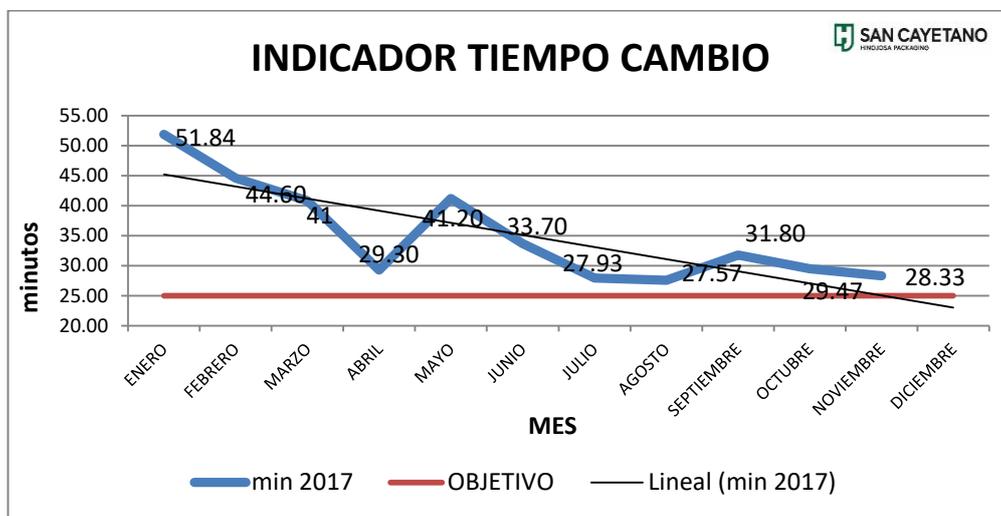


Figura 32: Tablero comunicación

En este apartado, vamos a plasmar tres documentos:

- En primer lugar, elaboramos un documento de la operación estándar aceptada. En este documento aparece el flujo de trabajo a seguir, diferenciando entre el trabajo realizado por el operario y el realizado por el ayudante. Y, la firma de aprobación, tanto de los operarios de la máquina como del responsable de producción. (Figura 33)
- El segundo, es el documento de auditorías (Figura 31), en él aparecerán los resultados de las últimas auditorías realizadas.
- Y por último, se representarán dos gráficas: una semanal y otra mensual de los tiempos medios de cambio realizados. Gráfico 2.

Gráfico 2: Indicador Tiempo de cambio



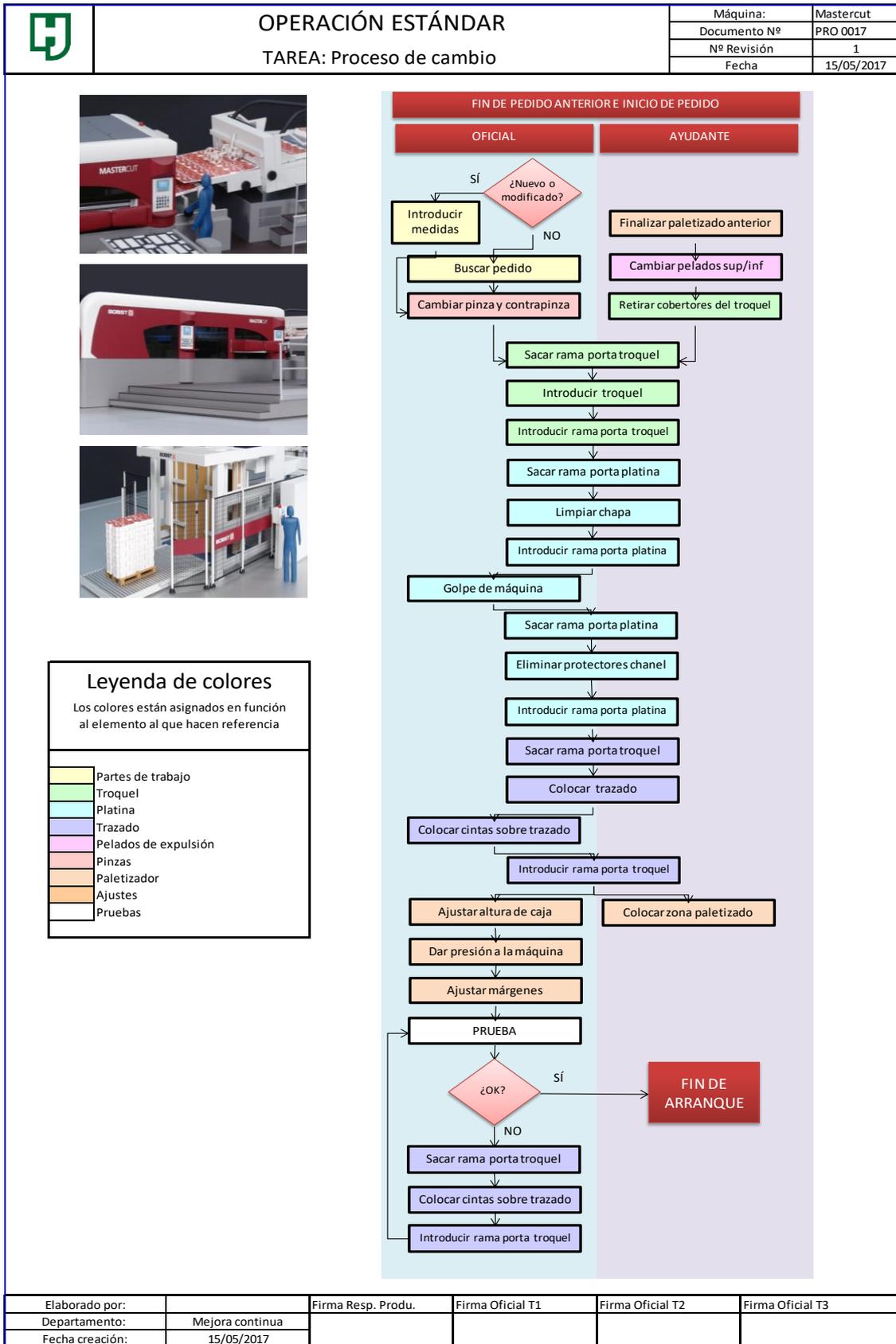


Figura 33: Operación estándar  
(Documentación interna)

## 5.5 Conclusión del capítulo

Inicialmente hemos identificado todas las actividades que se llevan a cabo para proceder a un estudio de tiempos y determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones. Para ello se realizó un estudio previo (capítulo anterior) para seleccionar al operario más cualificado.

Para calcular este tiempo, nos basamos en los tiempos cronometrados para obtener las tolerancias y mediante la suma de los suplementos establecidos por la ILO (Internacional Labour Organization) calculamos el tiempo estándar final.

La suma de todas las actividades nos mostró un tiempo de 20,65 minutos.

Sin embargo, y puesto que en la máquina trabajan dos personas de manera paralela, realizamos un equilibrio de cargas que lo plasmamos en un diagrama de GANTT en donde se observó una reducción del tiempo en 14,54 minutos.

Debido a factores externos que pueden aparecer como la temperatura, condiciones del cartón, humedad... que afectan a la última actividad no estandarizada, dejamos un margen de 10 minutos estableciendo así el objetivo en 25 minutos para el tiempo de cambio.

Por último, establecemos los estándares del proceso y los situamos de manera visual en la máquina, de forma que sean accesibles para cualquier persona.



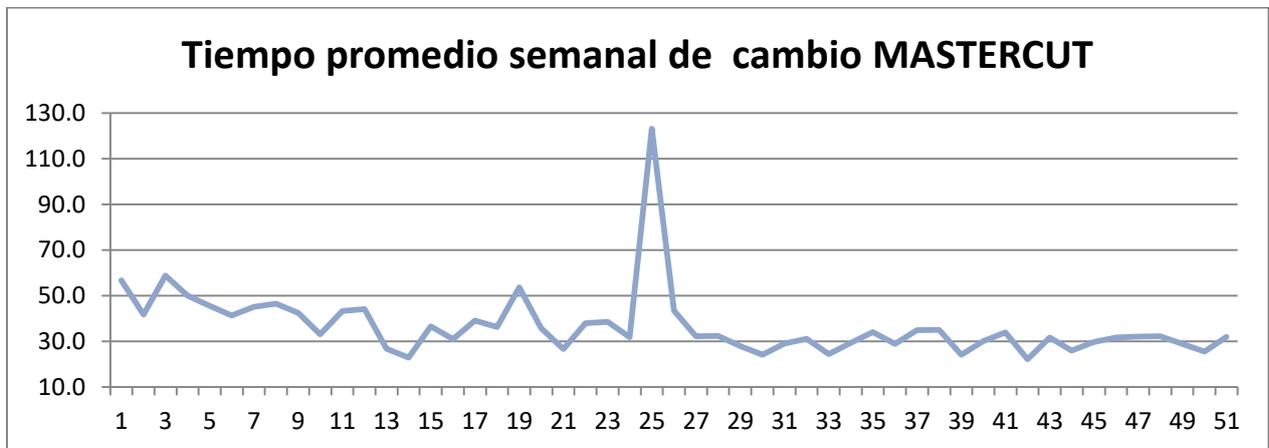
## 6. RESULTADOS DEL SMED

Para poder comprobar que realmente el proyecto ha funcionado correctamente, obtenemos los tiempos de cambio semanales de todo el año, del Cuadro de mando 2017.

Este documento, se actualiza cada semana con todos los datos procedentes de cada máquina, como son los m2 producidos, golpes/hora, tiempo de cambio, numero de cambios... de forma que se puede tener una visión anual de cada una de las máquinas.

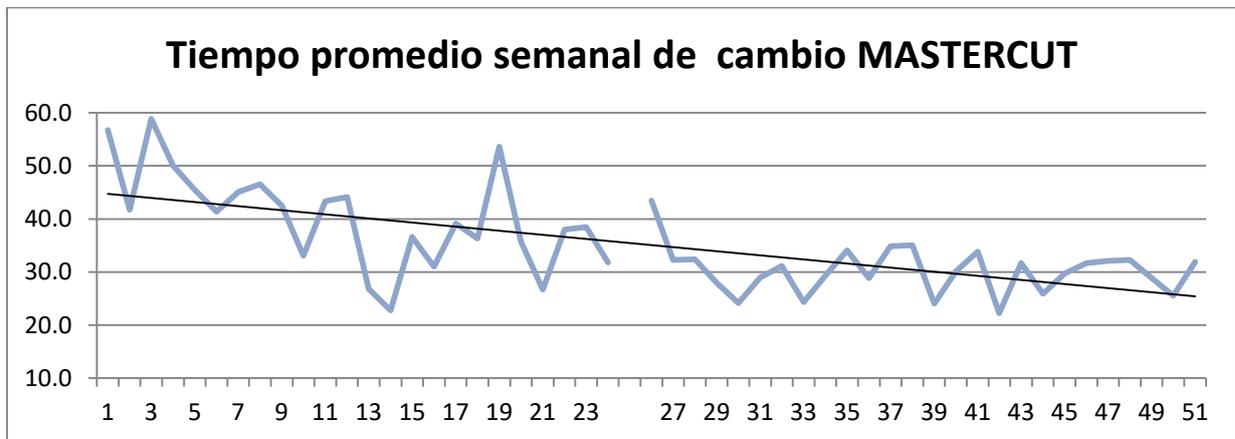
En nuestro caso, recogemos los tiempos de cambio obtenidos en la máquina Mastercut y los representamos en el gráfico 3: Tiempo promedio semanal en horas, frente a las semanas.

Gráfico 3: Tiempos Cambio 2017 (1)



Se observa que en la semana 25 hay un pico que supera los 120 minutos de media de cambio, esto raramente sería posible, por lo que suponemos que se debe a algún error en el programa de toma de datos por lo que para el resto de las conclusiones no lo vamos a tener en cuenta.

Gráfico 4: Tiempos Cambio 2017 (2)



### **CONCLUSIONES:**

1. Recordar que San Cayetano trabaja bajo pedido, por lo que no podemos basarnos en un único dato (como puede ser una semana, un mes...) sino que debemos observar la media conjunta; por ello, mostramos la línea de tendencia. Con ella observamos que el objetivo se ha cumplido.

El gráfico muestra una línea de tendencia decreciente lo que significa que los tiempos de cambio se han ido reduciendo en tiempo.

También, observamos, que como comentamos inicialmente, el tiempo de cambio se encontraba sobre los 45 minutos y al finalizar el año hemos llegado al objetivo establecido de los 25 minutos.

2. En las semanas 13 y 14 se observa un primer gran pico decreciente, esas semanas fueron las que estuvimos cronometrando en la máquina. Por ello, observamos que realmente ese proyecto era necesario puesto que sí era posible agilizar la preparación, sin embargo, los operarios de la máquina no eran conscientes de ello o en su defecto, estaban “acomodados”.

## 6.1 Análisis de productividad tras el proyecto

Una vez finalizado el proyecto pasamos a volver a calcular el OEE. Podemos predecir tras observar las gráficas anteriores que habremos mejorado los 10 puntos que habíamos fijado como objetivo.

Para ello tomamos las 4 últimas semanas del año y calculamos el OEE a una semana.

Tabla 16: Cálculo de OEE tras el proyecto

	(h)	COMENTARIO
A: Tiempo Real en Horas.	120	La máquina funciona los 3 turnos.
B: Tiempo de paros planificados en Horas.	8	En cada turno tienen 15 minutos de bocadillo y 15 min finales de limpieza de máquina y 30 a la semana.
C: Tiempo disponible en Horas.	112.000	A - B
D: Tiempo de paros no planificados.	29.172	
E: Tiempo de Operación.	82.828	C - D
<b>F: EFICIENCIA EN TIEMPO DISPONIBLE.</b>	<b>73.95%</b>	<b>E / C</b>
G: Producción Real	185393.25	
H: Velocidad Teórica.	2300	
I: Producción Teórica.	190503.650	E x H
<b>J: EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN</b>	<b>97.32%</b>	<b>G/I</b>
K: Producción rechazada.	400	
<b>L: EFICIENCIA EN CALIDAD</b>	<b>99.78%</b>	<b>(G - K) / G</b>
Eficiencia Total del Equipo = F x J x L x 100%		

$$\text{Eficiencia Total del Equipo} = F \times J \times L \times 100\%$$

$$\text{OEE} = 71,81\%$$

**CONCLUSIONES:**

1. Observamos que los tiempos de paro no planificados se han reducido, sin embargo, seguiremos manteniendo los producidos por las microparadas del siguiente estudio.

Gracias a este estudio, hemos conseguido mejorar la eficiencia en tiempo disponible de 62,24% al principio del año a 73,95% al final.

2. La eficiencia en producción ha aumentado de 93,75% a 97,32% debido a la reducción de los tiempos no planificados. Estos, se han convertido en tiempos productivos, mejorando así la producción real.
3. La eficiencia en calidad suponemos la misma puesto que no la estamos teniendo en cuenta en este estudio.

Tabla 17: Comparativa de OEE

	INICIO	FINAL
<b>EFICIENCIA EN TIEMPO DISPONIBLE.</b>	62,24	73,95
<b>EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN</b>	93,98	97,32
<b>EFICIENCIA EN CALIDAD</b>	99,73	99,78
<b>OEE TOTAL</b>	58,34	71,81

## 6.2 Análisis económico

Debido al departamento en que me encuentro y nivel, no tengo ni se me permite tener acceso al contenido económico de la empresa pero para comparar este impacto vamos a partir de la producción anual obtenida.

En el 2016 habíamos mencionado que se habían producido unos 8 millones de metros cuadrados. Por ello, se puede predecir que ha habido un gran impacto económico puesto que en el 2017 han llegado a producir hasta un millón más.

Tabla 18: Comparativa de producción

	2016	2017
M2 producidos	8.247.185	9.138.634

Esto, considerando, que durante el 2017, se ha realizado el proyecto y aunque se ha ido durante todo el año reduciendo los tiempos, únicamente se han comenzado a ver los resultados los últimos meses.

Como dijimos en el inicio del proyecto, estos cambios se deben realizar paulatinamente y no de forma apresurada si queremos que funcione y perdure.

Por tanto, se prevé un mayor aumento de la producción para el año 2018 y posteriores.



## 7. CONCLUSIONES FINALES DEL PROYECTO

Una vez finalizado el proyecto debemos sacar las conclusiones globales.

Por un lado, tras observar los resultados de las primeras auditorias y los datos en cuanto a tiempos y productividad, tenemos que afirmar que el proyecto ha sido un éxito.

Sin embargo, hay que recalcar que no ha sido sencillo. En mi opinión, lo más difícil de este proyecto no ha sido realizar los cálculos o estudios para obtener el procedimiento perfecto, sino, el trabajar con las diferentes personas.

La mejora continua, como comentamos en el capítulo 1, es un modo de vida, una filosofía. Y no todo el mundo está abierto al cambio. Por ello, intentar cambiar la forma de actuar/trabajar de personas que llevan en su puesto de trabajo más de 30 años y por el contrario tú no llevas ni 2 años, es difícil, tanto para uno como para otro.

Sin embargo, a base de pruebas, demostraciones y muchas conversaciones, es posible que proyectos como éstos tengan éxito e incluso preparar a las personas para futuros cambios dentro de la empresa.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aldavert, J.; Vidal, E.; Lorente, J.J. y Aldavert, X. (2016). *5S Para la mejora continua*. 1Ed, Editorial Cims.
- Arauzo, J.A (2018). *Tema 8: Métodos avanzados de gestión de la producción. Sistemas justo a tiempo*. [diapositivas de PowerPoint].
- Arrieta, J.G. (2011). *Herramientas de producción. Ayudas para el mejoramiento de los procesos productivos*. 1Ed, Universidad EAFIT.
- Leansis Productividad (2016). *Sistema de gestión lean: El camino hacia la excelencia*. [diapositivas de PowerPoint].
- Liker, J.F (2016). *Los 14 principios del modelo de Toyota. Las claves del éxito TOYOTA*. 5Ed, Gestion2000.
- Renault Consulting (2016). *Introducción Lean Manufacturing*. [diapositivas de PowerPoint].
- Shingo, S. (1990). *Una Revolución en la producción: el sistema SMED*. 4Ed, Productivity Press.
- Vázquez, M.E. (2018). *Tema 3: Decisiones sobre capacidad. Técnicas para la toma de tiempos*. [diapositivas de PowerPoint].

## WEBGRAFÍA

- [https://www.sancayetano.es/san\\_cayetano/](https://www.sancayetano.es/san_cayetano/) Última visita en: Noviembre 2018. Se ha utilizado como fuente de información para obtener misión/visión de la empresa y su compromiso social.
- <https://www.grupohinojosa.com/nuestras-plantas/> Última visita en: Noviembre 2018. Se ha utilizado para obtener las localizaciones de las plantas pertenecientes al grupo Hinojosa.

- <https://www.grupohinojosa.com/grupo-hinojosa/> Última visita en: Noviembre 2018. Se ha utilizado como fuente de información sobre el Grupo Hinojosa.
- <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/> Última visita: Diciembre 2018. Se ha recurrido a la dirección señalada para el apoyo en las definiciones y estudio de los tiempos.
- <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/> Última visita Diciembre 2018. Se ha recurrido a la dirección para las definiciones de los suplementos en el estudio de tiempos.