

La gestión de costes en lean manufacturing

Patxi Ruiz de Arbulo López

La gestión de costes en lean manufacturing

Cómo evaluar las mejoras en costes
en un sistema lean

netbiblo

Para comentarios sobre los títulos de esta serie:

bpocket@netbiblo.com

LA GESTIÓN DE COSTES EN LEAN MANUFACTURING

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

netbiblo

www.netbiblo.com

DERECHOS RESERVADOS 2007, respecto a la primera edición en español, por

© Netbiblo, S. L.

NETBIBLO, S. L.

C/. Rafael Alberti, 6 bajo izq.

Sta. Cristina 15172 Oleiros (La Coruña) – Spain

Tlf: +34 981 91 55 00 • Fax: +34 981 91 55 11

editorial@netbiblo.com

ISBN: 978-84-9745-200-7

Depósito Legal: C-3061-2007

Directora Editorial: Cristina Seco López

Editora: María Martínez

Producción Editorial: Gesbiblo, S. L.

Impreso en España – Printed in Spain

El autor



Patxi Ruiz de Arbulo López

Es doctor por la U.P.V./E.H.U. y Máster en Organización e Ingeniería de la Producción por la UPC y en Gestión de Empresas por la U.P.V./E.H.U, estudios que realizó tras obtener la licenciatura en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad de Deusto. Actualmente es profesor de Universidad en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao y miembro de la Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Organización (ADINGOR). Ha publicado diversos trabajos sobre temas de organización industrial.

Deseo manifestar mi agradecimiento a mi mujer Isabel Muñoz y a mi amigo Oscar Reges a quienes debo mucho en la realización de este trabajo.

A Isabel también agradezco su colaboración en la revisión de este libro.

Contenido



Introducción

- 1.1 Evolución de la ecuación del beneficio..... 15
- 1.2 El despilfarro..... 17
- 1.3 Los sistemas de gestión de costes..... 19



Conceptos básicos de producción ajustada

- 2.1 Principios básicos del *lean manufacturing*..... 24
- 2.2 Tipos de despilfarro 26
- 2.3 Beneficios esperados de la producción ajustada 29



La gestión convencional o tradicional de la producción versus la gestión lean

- 3.1 Transición de la gestión convencional
a la gestión *lean* 32



Caso de aplicación

- 4.1 Evaluación de la situación inicial 38
- 4.2 Etapa 1. Implantación de los procesos
en flujo unitario..... 40



I CONTENIDO

4.3	Etapa 2. Equilibrado entre los puestos en flujo unitario	43
4.4	Etapa 3. Introducción de la flexibilidad	46



El *Value Stream Mapping*. Una herramienta para caminar hacia la producción lean

5.1	El <i>Value Stream Mapping</i> (VSM)	47
5.2	Beneficios del VSM	50
5.3	El uso de la herramienta <i>Value Stream Mapping</i> : Un caso práctico	50



Los sistemas de costes tradicionales y el *lean manufacturing*

6.1	Evolución de los modelos de costes tradicionales.....	63
6.2	Críticas a los modelos de costes tradicionales	63
6.3	Razones de la crisis de los sistemas de costes.....	67



La necesidad de una proximación diferente para apoyar la fabricación *lean*

7.1	La pregunta clave	74
7.2	Sistema de costes ABC	75
7.3	El <i>Value Stream Costing</i> : Gestión de costes por cadena de valor	77



Un método de gestión de costes en empresas que avanzan hacia la producción *lean*

8.1	Premisas de la metodología	88
8.2	Metodología propuesta	93
8.3	Etapas de la metodología de gestión de costes.....	94



Aplicación a un caso

- 9.1 Cálculo de costes de la situación inicial 105
- 9.2 Cálculo de costes del producto con implantación
de los procesos en flujo unitario 112
- 9.3 Cálculo de costes del producto con implantación
de los procesos en flujo unitario y equilibrados 114



Resumen y conclusiones 119



Bibliografía 121

Introducción

Actualmente los sistemas de producción centran su atención en los procesos, en la minimización de los tiempos y sincronización de las operaciones y en reducir al mínimo las manipulaciones de los materiales, en lugar de centrarse en las operaciones que los componen tratando de optimizar independientemente su productividad, como ha sido tradicional (Cuatrecasas, 1998).

Esta es la filosofía de la llamada **Lean Production** o **Lean Manufacturing** que se suele traducir por **Producción Ajustada**. La adopción de prácticas *Lean* se ha extendido en las industrias desde 1990.

El término *Lean Production* se acuñó en 1990, como resultado del estudio realizado por James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos dentro del programa de investigación IMVP (*International Motor Vehicle Program*) del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) sobre distintas plantas de montaje de automóviles de todo el mundo. Las conclusiones del trabajo dieron lugar a la publicación del libro *The machine that changed the World*. Este libro muestra que los mejores fabricantes de automóviles son, por lo general, el doble de buenos en una amplia gama de indicadores como calidad, niveles de *stocks*, *lead times*, productividad, etc. Los autores concluyeron que no existía ninguna fórmula mágica y que lo que hacían las mejores plantas era adoptar un enfoque sistémico ante los problemas de los despilfarros y centrar toda la atención en su eliminación. De aquí procede el término **ajustado**, que consiste en hacer las cosas con el mínimo de recursos.

La filosofía *Lean Production* tiene su origen en el *Just in Time* (JIT), el sistema de gestión de la producción más avanzado en la actualidad, que nació en 1950 a partir de los sistemas de gestión desarrollados por la empresa automovilística japonesa Toyota. El



sistema JIT se basa en llevar a cabo las operaciones de un sistema productivo con el mínimo de recursos y en la adaptación total a las necesidades de los clientes.

Las industrias que han adoptado los principios *lean* observan que estos principios pueden entrar en conflicto con los sistemas tradicionales de costes. La cuestión de no adaptación de los sistemas de costes a la competitividad de las empresas ha sido un tema que ha estado en continuo debate por diversos autores desde 1980 (incluso antes de la aparición del término *lean*). Entre ellos, cabe destacar la aparición de varios trabajos de Robert Kaplan durante el período de 1984 a 1986 (Kaplan, 1984, 1985 y 1986).

En respuesta al problema detectado, en 1986 se crea el Programa CMS (*Cost Management System*-Sistema para la Gestión de Costes) auspiciado por la asociación CAM-I (*Consortium of Advanced Management-International*) que establecería las bases metodológicas del sistema de costes ABC (*Activity Based Costing* -Costes Basados en las Actividades).

Los sistemas de costes basados en las actividades se fundamentan en que, en realidad, lo que genera costes en una empresa es el desarrollo de las actividades que lleva a cabo para cumplir sus fines. Traducido a términos de flujo de costes, lo que consume recursos es la actividad y el producto consume actividades.

Figura 1.1. Modelo de Costes ABC.



Sin embargo, el método ABC, en general, sólo ha sido utilizado por las empresas para perfeccionar las técnicas de distribución de costes. En cambio, no se ha discutido de forma extensa cómo hacer que los sistemas de contabilidad de gestión se integren con los sistemas de producción *lean* y contribuyan en la medición de los despilfarros y actividades que no añaden valor.



En este libro se propone una metodología de gestión de costes que intenta reflejar el cambio en los costes de los productos, cuando los procesos de producción de la empresa son más eficientes y competitivos.

Asimismo, en el libro se explica la metodología de gestión de costes *Value Stream Costing* (VSC), una metodología dirigida a empresas que se encuentran en un estado muy avanzado *lean*. Es decir, con tiempos cortos de *lead time*, niveles de inventario bajos y estables y organizadas a lo largo de líneas de cadena de valor.

1.1 Evolución de la ecuación del beneficio

En nuestra historia reciente hemos pasado de un mercado dominado por “el fabricante” (el vendedor) a un mercado donde domina claramente “el consumidor” (el comprador o cliente).

Las políticas comerciales proteccionistas de los países fueron un factor determinante en la situación de mercado dominado por el vendedor: a grandes necesidades de los consumidores, se ofrecían escasas formas de satisfacción de dichas necesidades. Era la época de la producción en masa, en la que el mercado lo absorbía todo y en la que el fabricante marcaba los precios de venta sin ningún tipo de pudor, debido a la escasez de productos en el mercado. La demanda era claramente superior a la oferta.

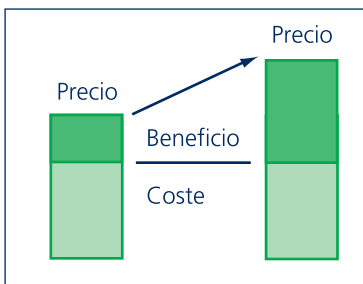
En ese contexto, los costes de fabricación no eran una gran preocupación, puesto que, para obtener beneficios, bastaba con incrementar el porcentaje “deseado” sobre los costes de transformación de los productos. La forma de calcular los precios de venta de los productos se basaba, en términos generales, en aplicar la fórmula:

$$\text{precio de venta} = \text{coste} + \text{beneficio deseado} \quad (1)$$



El valor de la variable beneficio deseado es impuesta por el vendedor; es un parámetro controlable.

Figura 1.2. Situación demanda > oferta.



Pero esta situación cambió en el momento en que la oferta aumentó, al abrirse los mercados de los países y con ello incrementarse la competencia entre los distintos fabricantes nacionales y extranjeros. Al ampliarse la oferta, los compradores se hicieron más exigentes en cuanto a los requisitos que pedían a los productos que compraban y, además, se preocupaban por comparar los precios existentes entre las distintas alternativas. Esto ocurre siempre que la oferta supera a la demanda.

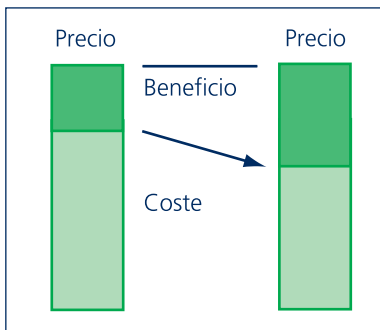
Al producirse esta transformación en el mercado, los precios de venta dejan de ser fijados por los vendedores y es el propio mercado, a través de la “ley de la oferta y la demanda”, quien se encarga de establecer los precios de venta de los productos. Por lo tanto, la ecuación del beneficio se establece del siguiente modo:

$$\text{beneficio} = \text{precio de venta} - \text{coste} \quad (2)$$

La variable beneficio no es un parámetro controlable por el vendedor, sino una variable dependiente de las otras dos.



Figura 1.3. Situación oferta < demanda.



Aunque matemáticamente esta ecuación (2) es exactamente igual a la (1), su significado es radicalmente distinto. El precio de venta se convierte en una variable que el vendedor no puede controlar; es el mercado quien lo fija y, por lo tanto, la única variable que queda bajo el control del fabricante es el coste. Así, de la reducción de los costes depende la competitividad de las empresas y el aumento de sus beneficios.

1.2 El despilfarro

El núcleo fundamental en la fabricación *lean* es la reducción de los despilfarros.

Despilfarro es un término amplio y de significados conocidos. La definición apropiada en este contexto es: todo aquello que no añade valor al producto.

Fujio Cho (Toyota) define el despilfarro como *“todo lo que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, pieza, espacio y tiempo de trabajador, que resulten absolutamente esenciales para añadir valor al producto”*.



Así, concluimos que todo proceso tiene una parte de valor y otra parte, grande o pequeña, de despilfarro (la fábrica oculta). La suma de ambos es lo que configura el coste total. Por lo tanto:

$$\text{coste} = \text{valor} + \text{despilfarro} \quad (3)$$

Sustituyendo el coste en la ecuación del beneficio en situación de oferta superior a demanda (ecuación 2) se obtiene la siguiente expresión:

$$\text{beneficio} = \text{precio venta} - (\text{valor} + \text{despilfarro}) \quad (4)$$

Observamos en la expresión (4) que para obtener mayores beneficios (o simplemente tener beneficios en lugar de pérdidas) es preciso atacar al despilfarro, reduciéndolo al mínimo.

Este concepto no resulta revolucionario; sin embargo, aunque pueda parecer evidente para muchos, sería difícil para un número importante de los máximos responsables de una empresa responder a preguntas tan sencillas como las siguientes:

- ¿Qué parte de sus actividades son despilfarro?
- ¿Cuál es el coste del despilfarro en sus actividades?
- ¿Qué porcentaje de ese despilfarro puede eliminarse?
- ¿Cuánto ahorro se puede conseguir con estos esfuerzos?
- ¿Qué están haciendo realmente orientado a reducir el despilfarro?

1.2.1 Tipos de despilfarro

Toyota ha clasificado el despilfarro en siete categorías, según sus causas:

1. Despilfarro por sobreproducción.
2. Despilfarro por espera.
3. Despilfarro por transporte.
4. Despilfarro por procesado.
5. Despilfarro por existencias.



6. Despilfarro por movimientos.

7. Despilfarro por defectos.

En el Capítulo 2 se analiza cada uno de ellos en detalle.

1.3 Los sistemas de gestión de costes

Para avanzar en el camino de mejora continua se necesita que los sistemas de contabilidad de gestión no entren en conflicto con la iniciativa *lean*.

A pesar de que las diferentes técnicas hacia un sistema *lean* se desarrollaron hace tiempo (líneas en forma de U, Kanban, Nivelado de la producción, Sistema de información *Pull*, TPM, SMED, etc.) no ha habido una respuesta a la misma altura por parte de los sistemas de contabilidad de gestión para adaptarse a la nueva realidad y proporcionar informaciones enfocadas en la misma línea que los sistemas *lean*. Es decir, sistemas que aporten medidas que indiquen qué actividades están siendo eficientes, cuáles de ellas son desperdicios y dónde se debe centrar la atención.

El principal problema de los sistemas de contabilidad de gestión es que se han aplicado las técnicas de costes que se desarrollaron entre 1885 y 1925, para el entorno productivo de aquella época, sin antes haber reflexionado sobre los cambios ocurridos en los sistemas de gestión de la producción y sin haberse planteado las necesidades de información de este nuevo entorno *lean*.

La contabilidad de costes tradicional fue diseñada para un entorno productivo diferente al que hoy exige el mercado. En la contabilidad de costes tradicional los gastos indirectos de fabricación se asignan habitualmente en base a las horas de mano de obra trabajadas. Esto es algo que en el entorno productivo actual lleva a distorsiones en los costes de los productos, haciendo tanto parecer que algunos productos cuestan más de lo que realmente



cuestan como que otros cuestan menos de lo que realmente cuestan (Kaplan, 1987).

Además, las medidas clave utilizadas en un sistema de costes tradicional son la eficiencia del personal de producción, la utilización de la maquinaria y equipos y la cantidad de gastos indirectos absorbidos por la producción en cada mes. Los responsables de producción para mostrar buenos resultados de estas medidas, lo que hacen es producir en grandes lotes y acumular grandes cantidades de inventario, justo lo contrario a una fabricación *lean*.

En resumen, la contabilidad tradicional motiva a comportamientos no *lean*.

Tal como indica Maskell: *“Esto ha llevado a errores a los gestores de las empresas porque los sistemas de contabilidad de gestión miden las cosas equivocadas del modo equivocado; al mismo tiempo, se motiva al personal en dirección equivocada a la realización de cosas erróneas para el logro de metas irrelevantes”* (Maskell, 1991).

Fruto de la desconfianza que suscitaba la información derivada de los sistemas de costes tradicionales, surgieron en la década de los 80, los sistemas de costes basados en las actividades, conocidos como sistema de Costes ABC (*Activity Based Costing*), propuestos por los profesores Robin Cooper y Robert Kaplan, tras la experiencia adquirida durante años.

Los sistemas ABC se basan en asignar el consumo de recursos y la generación de costes a las actividades que se desarrollan en la empresa y no a los productos. En este contexto, los productos consumen las actividades necesarias para su obtención.

Sin embargo, este nuevo método de costes, en general sólo ha sido utilizado por las empresas para perfeccionar las técnicas de distribución de costes. En cambio, no se ha discutido de forma extensa cómo hacer que los sistemas de contabilidad de gestión se integren con los sistemas de producción *lean* y contribuyan en la medición de los despilfarros y actividades que no añaden valor.

Conceptos básicos de producción ajustada

En la actualidad las empresas, para ser competitivas, deben alcanzar niveles adecuados en calidad, coste, rapidez de entrega y flexibilidad. El sistema de producción *lean* es el enfoque de gestión que va a permitir avanzar a las empresas de forma ordenada en la secuencia de fases que conducen a dicha competitividad puesto que permite obtener productos y servicios con rapidez y bajo coste, evitando llevar a cabo actividades innecesarias (también llamadas despilfarros) (Cuatrecasas, 2006).

Después de la II Guerra Mundial, en los años 50, las fábricas japonesas tuvieron que enfrentarse al dilema de una enormes falta de material, de recursos materiales, financieros y humanos y Toyota estaba al borde de la quiebra. Por ello, Ejii Toyoda se planteó la reestructuración de la planta de automóviles. Los problemas a los que Toyota se enfrentaba eran (Womack *et al.*, 1990):

- Un mercado interior pequeño y con demanda amplia de diferentes modelos —coches de lujo, camiones grandes, camiones pequeños, coches pequeños, etc.
- Una mano de obra que no estaba dispuesta a que se le tratara como coste variable o piezas intercambiables y sin la posibilidad de tener inmigrantes que quisiesen trabajar en condiciones laborales por debajo de lo normal.
- Carencia de capital y divisas, lo que le impedía comprar maquinaria de última tecnología.
- Un mundo exterior lleno de grandes productores de vehículos ansiosos por entablar operaciones en Japón y dispuestos a defender los mercados conseguidos contra las exportaciones japonesas.



Aunque el gobierno japonés estableció la prohibición de inversiones extranjeras en la industria japonesa del motor, esta medida no era suficiente.

El Ministerio Japonés de Comercio e Industria Internacionales (MITI) propuso una serie de planes para fusionar a las doce compañías automovilísticas japonesas en dos o tres grandes compañías que hicieran competencia a las tres grandes de Detroit. La idea que estaba detrás del MITI era que cada una de las compañías resultantes se especializara en diferentes tamaños de coches y pudiesen obtener los beneficios de las economías de escala a fin de competir en precio en los mercados exteriores.

Esta idea no fue compartida por Toyota, Nissan y otras compañías que veían una serie de objeciones a dicho planteamiento, ya que la situación de ventaja en precios iba a durar poco por las subidas salariales y, ante esta situación, las nuevas empresas japonesas, carentes de técnicas de producción, se verían vencidas en el entorno de la industria del automóvil. Por eso, estas empresas decidieron convertirse en productores de automóviles con todas sus consecuencias y variedad de modelos.

Así nacería lo que se vino a llamar sistema de Producción Toyota (TSP). Ejii Toyoda encargó a Taichi Ohno la tarea de desarrollar un sistema que mejorara la productividad de Toyota, por eso se le considera a Ohno como la fuerza principal de este sistema.

Después de alguna experimentación, el sistema de Producción Toyota se desarrolló y refinó entre 1945 y 1970 y está todavía creciendo por todo el mundo. La idea básica subyacente en este sistema es minimizar el consumo de recursos que no añaden valor al producto, lo que Ohno denominó despilfarro (*muda*, en japonés).

El sistema de producción *lean* se fundamenta en dos características básicas (Cuatrecasas, 2000 y 2002):

- Por una parte en la *flexibilidad en productos*, procesos, puestos de trabajo y polyvalencia del trabajador.
- Por otra en la *eliminación del despilfarro*.



En las dos últimas décadas del siglo XX, ha tenido lugar un importante y exitoso cambio en la forma de gestionar el mundo de la producción, de acuerdo con los principios del sistema de *Toyota*. Y estos principios han dado lugar a lo que se conoce como *Lean Production* o Producción Ajustada.

La elevada competitividad de la filosofía *lean* se deriva de la confluencia de diversos objetivos:

- Un elevado nivel de productividad, sobre todo por la eliminación de actividades sin valor añadido. La productividad, aunque basándose en principios distintos, es el objetivo fundamental, por no decir el único, de la gestión clásica aplicada a lo largo del siglo XX.
- Gran rapidez en la entrega de productos y servicios al cliente, dado que se eliminan tiempos muertos y de actividades consideradas como despilfarro.
- Minimización de los costes, como consecuencia de la eliminación de los despilfarros y, en general, de todo consumo innecesario de recursos.
- La obtención de productos con un nivel de calidad óptimo.
- Toda la flexibilidad necesaria para que la empresa se ajuste a cubrir la demanda que recibe y sólo la que recibe y cuando la recibe.

La gestión “tradicional” de la producción está enfocada de una forma casi total hacia la maximización de la productividad. Puede decirse que este es el primer y último objetivo de la misma, aspecto que contrasta totalmente con la gestión *lean*, que tiene como objetivos no sólo la productividad, sino también los costes, el tiempo, la calidad y la flexibilidad, todos ellos componentes básicos de la competitividad tal como se entiende en la actualidad.



En resumen, el sistema *lean* es un enfoque de gestión de los procesos basado en “*producir las piezas necesarias en las cantidades necesarias y en el momento necesario*”.

2.1 Principios básicos del lean manufacturing

2.1.1 El valor

El principio fundamental de la filosofía *lean* es el **valor**, que significa que el producto o servicio deben ajustarse a las necesidades del cliente.

Por ello, el primer paso en el pensamiento *lean*, debe ser un cuidadoso análisis y diálogo con los clientes concretos para comprender las necesidades particulares que tienen y lo que ellos están dispuestos a pagar por ello. Una vez que se han identificado las necesidades del cliente, es más fácil definir el valor en términos de productos específicos.

2.1.2 El flujo de valor

En la producción *lean* el eje central de la empresa es el producto, al igual que en los sistemas de Calidad Total es el cliente. Para llegar al producto se debe hacer una transformación de los materiales en producto acabado. Esta transformación se produce por fases según un flujo.

En este contexto, el segundo pilar en el *lean* es identificar el **flujo del valor** para cada producto o servicio, que consiste en analizar todas las actividades para producir el producto o dar el servicio. El objetivo es planificar el proceso productivo de tal forma que sólo incorpore las actividades que añaden valor al producto.



El flujo de valor tiene que ser considerado en su totalidad, y durante el análisis, aparecerán tres tipos distintos de actividades:

- Actividades que crean valor.
- Actividades que no crean valor pero que son inevitables por la tecnología actual y los activos de producción de los que se dispone.
- Actividades que no crean valor y que pueden evitarse de un modo, estas son despilfarro.

2.1.3 Flujo

Después de especificar o definir el valor y de eliminar las actividades que no lo añaden, el siguiente paso en el *lean* es crear un **flujo continuo** de las actividades creadoras de valor que han quedado. Es un paso muy crítico ya que exige una reorganización completa del pensamiento tradicional de lotes (*batch*) hacia el pensamiento del flujo continuo (*flow thinking*).

Ford y sus colaboradores, en 1913, fueron los primeros en darse cuenta del potencial que tenía el flujo. Aplicando el principio del flujo continuo en el ensamblaje final, es decir, alineando las máquinas que se necesitaban para producir los componentes del coche en la secuencia correcta, Ford consiguió reducir en un 90% el esfuerzo de ensamblaje del modelo T. Pero su método servía porque era “particular” ya que confluían una serie de características como que los volúmenes de producción eran grandes, cada producto se componía de las mismas partes y se fabricaba igual durante muchos años.

Taichi Ohno y sus colaboradores consiguieron el flujo continuo en producciones de pequeñas unidades, en la mayor parte de los casos sin líneas de ensamblaje, aprendiendo a cambiar de una forma rápida el utillaje necesario para pasar a fabricar el nuevo producto y ajustando las máquinas al tamaño y capacidad adecuados. De esta forma se podría llevar a cabo la fabricación de distintos tipos de una forma inmediata (uno detrás de otro), manteniendo en un flujo continuo el objeto.



2.1.4 Pull

El pensamiento *lean*, no sólo establece cómo proporcionar al cliente los bienes o servicios que realmente quiere, sino también dárselos cuando realmente los quiera.

Con este paso se cambia el sistema de producir lotes variados de productos para limitarse a la demanda del consumidor. Son los consumidores los que **atraen (pull)** a los productos, en vez de que los productos **presionen (push)** a los consumidores. Este pensamiento o filosofía se debe respetar en todo el proceso de producción y negocios, y no sólo en el producto final.

2.2 Tipos de despilfarro

Según Fujio Cho (Toyota), despilfarro es *“todo lo que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas, espacio y tiempo del operario, que resulten absolutamente esenciales para añadir valor al producto”*.

Taichi Ohno identificó siete tipos de despilfarros (Suzaki, 1987):

- **Despilfarro por sobreproducción.** Supone anticipar producto no solicitado aún por el mercado, lo que redundará en costes de personal, energía y otros relacionados con la producción, como *stocks* y espacios ocupados innecesariamente.
Toyota llegó a la conclusión de que el exceso de producción es uno de los peores despilfarros que se dan con más frecuencia en las fábricas.
- **Despilfarro por tiempos de espera.** Está originado por la descoordinación o asincronía entre operaciones que tiene como consecuencia la espera de operarios y materiales. Se descubre con facilidad.
- **Despilfarro por transporte.** Una inadecuada distribución en planta puede dar lugar a que los materiales y productos



recorran distancias excesivas e innecesarias, lo que puede redundar, además, en un mayor número de manipulaciones de dichos materiales.

- **Despilfarro por proceso.** Las actividades que componen los procesos deben alcanzar sus objetivos aplicando los mínimos recursos y el menor tiempo posible. Un método de trabajo inadecuado puede deberse a procesos con consumo innecesario de recursos, a la utilización de métodos insuficientemente eficientes, pérdidas derivadas del deficiente aprovechamiento de las economías de escala, la ausencia de normalización de productos, etc.
- **Despilfarro por existencias (stock).** Es uno de los despilfarros más frecuentes e importantes y fuente indirecta del resto. Supone un coste adicional por el valor del producto, el espacio utilizado, los transportes, la manipulación, etc.
- **Despilfarro por movimientos.** Este tipo de despilfarro aparece como consecuencia de distancias excesivas e innecesarias entre los puestos de trabajo que debe ocupar un operario encargado de realizar varias operaciones. Otras situaciones similares son aquellas en que las personas se desplazan en busca de materiales, herramientas, pedidos y papeles.
- **Despilfarro por defectos en los productos.** Los productos con defectos deben desecharse o reprocesarse, lo cual supone costes adicionales. Además, provoca desajustes en las líneas, como paros o esperas, y actividades que no añaden valor, por ejemplo, la detección de fallos.

La estrategia para atacar cada uno de estos tipos de despilfarro es diferente. Sin embargo, las fuentes de despilfarro están fuertemente interrelacionadas entre sí y el eliminar una fuente de despilfarro puede llevar a la eliminación o reducción de otras. Quizá la fuente más significativa de despilfarro es el inventario. El trabajo en proceso (*Work in Process-WIP*) no añade valor al producto y debería ser eliminado o reducido. Cuando se reduce el



inventario, los problemas ocultos aparecen y es cuando se deben poner en marcha las acciones de forma inmediata.

Hay muchas formas de reducir la cantidad de inventario. Una es reducir los tamaños de lotes de producción; a la reducción de los tamaños de lotes debería seguir una reducción del tiempo de ajuste. En Toyota, Shigeo Shingo desarrolló el concepto de SMED (*Single Minute Exchange of Die*) para reducir los tiempos de ajuste. Los tiempos de ajuste en las prensas grandes podrían ser reducidos de horas a menos de 10 minutos. Esto tiene un gran efecto en la reducción de tamaño de los lotes. Otra forma de reducir inventario es intentar minimizar el tiempo de inactividad de una máquina. Esto se puede hacer con mantenimiento preventivo.

Es claro que cuando se reduce el inventario también se ven reducidas otras fuentes de despilfarro; por ejemplo, el espacio que se utilizaba para mantener el inventario puede ser utilizado para otras cosas, como puede ser, para incrementar la capacidad de la instalación.

El tiempo de transporte, como se ha indicado anteriormente, es otra fuente de despilfarro. El mover piezas de un extremo de la instalación a otro no añade valor al producto, por tanto, es importante disminuir los tiempos de transporte dentro del proceso de fabricación. Una forma de hacerlo es utilizar un *layout* en células para asegurar un flujo continuo de producto. Esto también ayuda a eliminar otra fuente de despilfarro que es la energía; cuando las máquinas y las personas están agrupadas en células las operaciones no productivas pueden minimizarse debido a que un grupo de personas puede estar totalmente dedicado a esa célula y esto evita la utilización en exceso de recursos humanos.

Otra fuente de despilfarro son los defectos o materiales de desecho (*scrap*). El TPM (*Total Productive Maintenance*) es una forma de eliminar desechos. La fabricación de piezas que están libres de defectos desde el principio tiene consecuencias profundas en la productividad.



2.3 Beneficios esperados de la producción ajustada

Los beneficios esperados de un proyecto *lean* son:

1. **Reducción del *lead time*.** Reducir el tiempo que tarda el producto desde que entra el sistema productivo hasta que sale, es uno de los objetivos de la filosofía *lean*; es decir, conseguir que el producto se mueva de proceso a proceso sin estancarse en forma de *stock* en curso. Conseguir que el producto no se estanque se traduce en importantes ahorros para la empresa, ya que no tendrá que dedicar recursos a mover, colocar y recolocar material, además de la ocupación de espacio y el coste financiero que ello supone.
2. **Reducción de *stocks* en curso.** Una disminución en el *lead time* comporta una reducción inmediata del *stock* en curso. Pensemos en un proceso productivo en línea formado por tres subprocesos con tiempos de ciclo muy desiguales. Esto provocará que el *lead time* de los productos sea muy elevado y, en consecuencia, el *stock* en curso. Si descomponemos los subprocesos en operaciones elementales y asignamos a cada puesto de trabajo una cantidad de operaciones de tal forma que los tiempos de ciclo sean muy parecidos tendrá un efecto inmediato en el *lead time* y en la reducción de los *stocks*.
3. **Aumento de la productividad.** Cuando un proceso avanza hacia un estado más eficiente, generalmente la productividad humana, medida en unidades producidas por unidad de tiempo y persona, aumenta.
4. **Disminución del espacio necesario.** En las implantaciones *lean*, generalmente aparece un beneficio, que es el ahorro de espacio ocupado debido al menor espacio que ocupan los procesos, especialmente con las implantaciones en células en U.
5. **Disminución de los costes de no calidad.** Generalmente, cuando en una empresa se introduce la fabricación en flujo



unitario unida a un autocontrol al finalizar cada operación, hace que el número de fallos encontrados en los productos finales disminuya de forma importante.

- 6. Aumento de la flexibilidad.** Una vez implantados los aspectos esenciales de la gestión *lean* y eliminados los despilfarros, el paso siguiente es la introducción de la flexibilidad que permita que, manteniendo el proceso altamente eficiente en todos los aspectos, (tiempos de proceso bajos, ausencia de *stocks*, ausencia de tiempo de paro, equilibrado y productividad elevada), el tiempo de ciclo pueda variar a fin de adaptarlo al *takt time*.

La gestión convencional o tradicional de la producción versus la gestión lean

A principios del siglo XX nació una forma de gestionar la producción que fue muy adecuada para su época y que todavía en determinados ámbitos se sigue manteniendo: la producción en masa. Esta forma de gestionar la producción (también llamada hoy gestión convencional o tradicional) tiene como objetivo obtener importantes resultados en costes operando en grandes lotes lo más estandarizados posible, produciendo al máximo de su capacidad.

La gestión convencional de la producción gestiona el sistema productivo operación a operación, de forma separada y basa su eficiencia y competitividad en las economías de escala derivadas de operar en grandes lotes. Su objetivo prioritario es la productividad.

Hoy en día esta forma de producir es inviable para mantener la competitividad de las empresas ya que dicho enfoque tradicional supone:

- Un tiempo de respuesta al cliente elevado (ya que produciendo en grandes lotes se tarda mucho más en cada operación).
- Una gama de productos baja.
- Mantener fuertes *stocks* de productos en proceso.
- Una calidad incierta fruto de controlarla al final del proceso.

Este tipo de producción puede ser viable en aquellos entornos en los que el producto se vende en grandes cantidades, se trate de un producto estandarizado con pocos modelos, donde no



importe el plazo de entrega y en el que la calidad no sea compleja de obtener.

La gestión *lean* basa su eficiencia en la gestión del proceso como un todo (y no operación a operación). Sus objetivos, además de la productividad, son el plazo de entrega, la calidad y la flexibilidad.

3.1 Transición de la gestión convencional a la gestión lean

Como se ha indicado, los sistemas de producción *lean* tienen como objetivo generar un flujo de productos con la suficiente **flexibilidad** para adaptarse a los cambios de la demanda al mismo tiempo que intentan disminuir los **despilfarros**.

Para poder avanzar hacia un sistema *lean* debemos ser conscientes que un sistema productivo **convencional** opera habitualmente sobre una **distribución por talleres** o funcional, con **puestos independientes** y distantes y preparada para la producción de **grandes lotes** y operando con **lotes de transferencia** asimismo **grandes**. La maquinaria y los equipamientos productivos son de gran capacidad y operan al máximo de capacidad (recordemos el objetivo de maximizar la productividad). Los *stocks* de materiales y de proceso (*WIP-work in process*) abundan por todas partes ya que, como el objetivo es maximizar cada puesto de forma independiente, cada uno de ellos dispone de material en abundancia para que nunca paren. Por otra parte, los tiempos de cambio en este tipo de máquinas son largos y costosos por lo que favorecen el operar en grandes lotes para no perder la productividad. Respecto a la calidad, ésta se controla al finalizar los procesos. Por último cabe señalar que esta forma de gestionar la producción hace que el sistema productivo sea muy inflexible y que incrementos



de la producción se lleven a cabo trabajando más tiempo en cada puesto a través de horas extraordinarias.

El lector habrá comprendido ya que esta forma de gestionar la producción (muy válida en un momento determinado) es inasumible hoy en día para poder ser competitivo, por su gran cantidad de despilfarros (transportes, movimientos innecesarios, tiempos de espera, *stocks*, etc.) y por su poca flexibilidad.

Ahora, en casi todos los productos y mercados, existe más capacidad de oferta que demanda. Y los clientes piden volúmenes más pequeños de productos específicos, con precios de producto estándar. Por eso, para poder dar respuesta a estas nuevas necesidades hay que definir e implantar sistemas productivos que permitan alcanzar los objetivos de *eficiencia* y *flexibilidad*, entendidos como (Cuatrecasas, 1998):

- **Eficiencia:** implantación de un sistema de distribución en planta con tiempos y costes bajos, y con pocos despilfarros.
- **Flexibilidad:** posibilidad de producir volúmenes variables de productos variados.

El sistema productivo que puede ayudar a alcanzar a las empresas esos objetivos es el ***lean manufacturing o lean production: la producción o fabricación ajustada***.

Para pasar de un sistema de gestión convencional de la producción a un sistema *lean* es fundamental pasar de fabricar por lotes a fabricar por lotes muy pequeños o unitarios. Este cambio supondrá probablemente un cambio en el *layout* o distribución en planta con objeto de eliminar despilfarros de transporte.

Una vez superada la producción por lotes, de cara a obtener un sistema con menos desperdicios y más flexible, será necesario implementar otros cambios para alcanzar los objetivos señalados:

- **La sustitución de los grandes equipos productivos**, genéricos y de alta capacidad por equipos pequeños dedicados a cada línea o célula.



- **La estandarización de las operaciones** para realizar las tareas de la forma más efectiva posible.
- **La introducción de un sistema de tirar** del material (sistema *pull*) en vez de empujarlo (sistema *push*). Esta forma de trabajar supone una importante reducción de inventarios en proceso, una importante reducción de los niveles de reproceso y del espacio necesario.
- **Una producción nivelada** de fabricar diariamente todos los productos y de forma mezclada.
- **Una gestión de calidad** de acuerdo a los principios de calidad total (TQM —*Total Quality Management*).
- **Una gestión de mantenimiento productivo total** (TPM).
- **Personal polivalente.** De esta forma los equilibrados en las líneas o células se alcanzan fácilmente.

El Capítulo 4 presenta el análisis detallado de una situación productiva, así como las medidas a implantar para avanzar hacia la producción *lean* y la comprobación de las mejoras que se obtienen a través de dichos cambios.

A través de este análisis de caso, se presentan las etapas para llevar a cabo los cambios de sistema productivo.

Caso de aplicación

Para exponer cómo puede evolucionar una empresa de un sistema de producción convencional a un sistema de producción *lean* nos apoyaremos en un caso de una empresa industrial que suministra puertas para vehículos comerciales (concretamente portones traseros) y que gestiona la fabricación de su panel interior desde un punto de vista convencional. Los procesos de los que se compone son:

1. Corte de chapa y estampado.
2. Embutido y punzonado de panel.
3. Soldadura barra seguridad en panel.
4. Soldadura crucetas en panel.
5. Soldadura soporte motor del limpiaparabrisas.
6. Enmasillado panel para ensamblado.
7. Soldadura y engastado de panel interior y exterior.

Las operaciones básicas de cada uno de los procesos más el conjunto de actividades de manipulación aparecen en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Actividades y tiempos de proceso.

Proceso	Operación	Descripción	Unidad (U) o lote (L)	Portón	
				Tiempo Ud	Tiempo lote
Corte y estampado	10	Llevar chapas a proceso de corte y estampado	L	100	100
	11	Corte y estampado chapas	U	10	500
	12	Llevar piezas a corte y estampado	L	100	100
Total corte y estampado			Total	210	700

Continúa



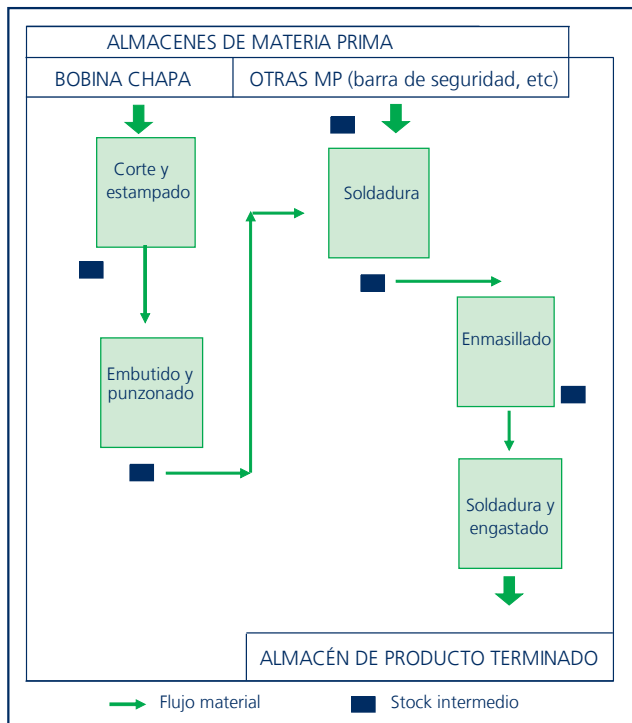
Proceso	Operación	Descripción	Unidad (U) o lote (L)	Portón Tiempo Ud Tiempo lote	
Embutición y punzonado	20	Carga a la prensa	U	20	1.000
	21	Embutición y punzonado	U	100	5.000
	22	Descarga de la prensa	U	20	1.000
	24	Llevar piezas a soldadura	L	100	100
Total embutición y punzonado			Total	240	7.100
Soldadura	30	Carga y fijación del panel interior	U	25	1.250
	31	Soldadura de las crucetas y barras	U	280	14.000
	32	Descarga	U	25	1.250
	33	Llevar piezas a enmasillado	L	100	100
Total soldadura			Total	430	16.600
Enmasillado	40	Carga del panel interior	U	25	1.250
	41	Enmasillado	U	150	7.500
	42	Descarga del panel interior	U	25	1.250
	43	Llevar piezas a soldadura y engastado	L	100	100
Total enmasillado			Total	300	10.100
Soldadura y engastado panel interior y exterior	50	Carga del panel interior y exterior	U	25	1.250
	51	Engastado	U	30	1.500
	52	Soldadura paneles	U	60	3.000
	53	Descarga del portón	U	25	1.250
	54	Llevar a almacén	L	100	100
Total engastado y soldadura			Total	240	7.100
			Totales	1.420	41.600



La producción se procesa en lotes de 1.000 unidades y los lotes de transferencia son de 50 unidades. Es decir, cada sección, hasta que no acaba de procesar 50 paneles no los pasa a la sección siguiente.

La Figura 4.1 muestra el *layout* de la planta donde cada sección está dedicada a un proceso.

Figura 4.1. Implantación inicial de los procesos.





Hay un total de cinco puestos, que se distribuyen según se muestra en la Tabla 4.2.

La primera instalación (corte y estampado) tiene un tiempo de cambio de 1,5 horas y la empresa no desea que haya más de un cambio de matrices por día laborable.

Tabla 4.2. Distribución de puestos de trabajo.

Número de personas	
Corte de chapa y estampado	1
Embutido y punzonado	1
Soldadura	1
Enmasillado	1
Soldadura y engastado	1

4.1 Evaluación de la situación inicial

Para evaluar la situación inicial, se procederá a calcular una serie de parámetros clave (Tabla 4.3) que será la base para optimizar su eficiencia¹.

Estos parámetros clave son:

- Tiempo ciclo proceso: es el tiempo que transcurre entre la producción de dos lotes consecutivos.
- *Lead time* total: es el tiempo total necesario para producir el total número de unidades.
- *Lead time* primera unidad: es el tiempo total que la primera unidad está en el proceso.

¹ El lector interesado en un conocimiento más profundo acerca de los parámetros, tiene a disposición una amplia bibliografía al final del libro.



- *Lead time* última unidad: es el tiempo total que el último lote permanece en el proceso.
- Stock total medio en proceso: número medio de unidades de *stock*.

Tabla 4.3. Situación inicial.

Tiempo de ciclo proceso por lote de una unidad	16.600 s
<i>Lead time</i> total	357.000 s (99,2 horas)
<i>Lead time</i> primera pieza	41.600 s (11,6 horas)
<i>Lead time</i> última pieza	343.700 s (95,5 horas)
Stock medio entre corte y estampado y embutición	2.538 paneles
Stock medio entre el resto de procesos	299 paneles

Por otra parte, analizaremos los desperdicios que se producen en dicha situación inicial.

- 1. Sobreproducción.** Cada proceso funciona como un islote produciendo y empujando el producto hacia delante y no atendiendo a las necesidades reales del proceso siguiente o proceso cliente.
- 2. Stock intermedio.** El número de piezas en las estaciones de trabajo que están esperando a ser procesadas es extremadamente elevado. Resulta increíblemente excesivo y la vista de toda la cantidad de piezas acumuladas produce sensación de desorden y de falta de espacio.
- 3. Retrabajo.** Los carros en los que el *stock* intermedio está acumulado no están correctamente diseñados y las piezas



se encuentran literalmente amontonadas y en desorden, con contacto entre ellas. Este mal almacenamiento y el hecho de que las piezas estén tanto tiempo en el *stock* intermedio, muchas veces sin respetar el criterio FIFO o *First In First Out* (por lo que numerosas piezas quedan “olvidadas” debajo de otras), provoca que la deposición de polvo y el roce eche a perder algunas de ellas, lo que supone que haya que volver a procesar con el despilfarro que esto supone.

- 4. Transporte.** Dado que los procesos estén distantes se producen importantes despilfarros de transporte.

En resumen, tras un primer análisis del funcionamiento del proceso productivo, queda patente su ineficacia. Cuatro de los siete despilfarros tipificados aparecen de manera evidente.

4.2 Etapa 1. Implantación de los procesos en flujo unitario

El **flujo unitario** significa producir una pieza cada vez, es decir, que cada pieza una vez procesada en un puesto pase inmediatamente al proceso siguiente. Este cambio de trabajar en flujo unitario y no en lotes obliga a realizar cambios en la distribución de la planta (*layout*) hacia una distribución orientada al producto o distribución en línea intentando que los procesos estén dispuestos muy cerca unos de otros.

El desarrollar un flujo unitario para todos los procesos no siempre es posible ya que se necesita no solamente que éstos estén equilibrados sino también sincronizados. Dos procesos están equilibrados cuando sus tiempos ciclo son iguales y están ajustados a la demanda del cliente. En cambio, dos procesos están sincronizados cuando es posible enlazarlos sin generar *stock* intermedio. Esto último a veces no es posible porque se trata de procesos muy diferentes (Suñe *et al.*, 2005). Ejemplos de estas situaciones pueden ser:



- Procesos que estén diseñados para funcionar con tiempo de ciclo muy cortos y cuyos tiempos de cambio sean muy importantes; por ejemplo, una prensa cuyo tiempo de ciclo es muy pequeño pero a la que el cambiar de producto le supone un importante tiempo de cambio y por ello se decide producir en grandes lotes.
- Procesos externos, como los de los proveedores, que al estar a distancias muy importantes entregan las piezas de una sola vez.

En nuestro caso, la empresa tiene una distribución por talleres con almacenes intermedios en todos los puestos de trabajo. La forma de trabajar es mediante lotes de transferencia de 50 paneles, es decir, las piezas se mueven de proceso a proceso en lotes de 50 unidades, realizando recorridos largos los lotes entre proceso y proceso y existiendo *stock* en curso en todos los puestos de trabajo.

Por otra parte, todas las instalaciones están dedicadas a la familia de productos que estamos estudiando, excepto la de corte y estampado que se dedica también a servir a otras familias. Esta instalación es muy grande, con tiempos de ciclo muy corto y dedicada a varios productos por lo que, en principio, estableceremos flujo continuo unitario entre todos los procesos excepto con el proceso de corte y estampado. El tiempo de cambio de matriz es de 1,5 horas y no se desea que haya más de un cambio de matrices al día.

Respecto al resto de instalaciones, tal como se ha indicado, (embutición, soldadura, enmasillado, soldadura final y engastado) las acercaremos físicamente entre sí, formando una línea de producción con transferencia unidad a unidad.

En la Tabla 4.4 que aparece en la página siguiente se muestran las actividades tal como quedan en esta etapa.



Tabla 4.4. Actividades y tiempos de proceso. Etapa 1.

Proceso	Operación	Descripción	Unidad (U) o lote (L)	Tiempo Ud
Corte y estampado	10	Llevar chapas a proceso de corte y estampado	L	100
	11	Corte y estampado chapas	U	500
	12	Llevar piezas a corte y estampado	L	100
Total corte y estampado				700
Embutición y punzonado	20	Carga a la prensa	U	20
	21	Embutición y punzonado	U	100
	22	Descarga de la prensa	U	20
Total				240
Soldadura	30	Carga y fijación del panel interior	U	25
	31	Soldadura de las crucetas y barras	U	280
	32	Descarga	U	25
Total				330
Enmasillado	40	Carga del panel interior	U	25
	41	Enmasillado	U	150
	42	Descarga del panel interior	U	25
Total				200
Soldadura y engastado panel interior y exterior	50	Carga del panel interior y exterior	U	25
	51	Engastado	U	30
	52	Soldadura paneles	U	60
	53	Descarga del portón	U	25
	54	Llevar a almacén	L	100
Total				240
Total procesos en línea				910
Totales				1.610



En la Tabla 4.5, se presentan los nuevos valores de las magnitudes que estamos estudiando para evaluar esta mejora en la eficiencia del sistema productivo.

Tabla 4.5. Evaluación magnitudes. Etapa 1.

Tiempo de ciclo proceso por lote de una unidad	330 s
Lead time total	331.280 s (92,0 horas)
Lead time primera pieza	1.610 s
Lead time última pieza	317.980 s (88,33 horas)
Stock medio entre corte y estampado y embutición	2.578 paneles
Stock medio entre el resto de procesos	289 paneles

Puede observarse que el *lead time* total se ha reducido un 7,5% y que el tiempo ciclo también se ha reducido considerablemente.

4.3 Etapa 2. Equilibrado entre los puestos en flujo unitario

Para que dentro de los procesos en los que se va a implantar flujo unitario no se generen *stocks* intermedios, es necesario que los tiempos ciclo de los procesos sean iguales o, dicho de otra forma, que los procesos estén equilibrados.

Antes de proceder al equilibrado se debe definir con qué frecuencia hay que producir una pieza. Para responder a esta pregunta, debemos recordar que lo que estamos intentando hacer al implantar un sistema *lean* es conseguir que cada proceso sólo fabrique lo que el siguiente proceso necesita y cuándo lo necesita. Por lo tanto, la velocidad de nuestro sistema de producción debe



ajustarse a la velocidad de las ventas. A este concepto de sincronizar el sistema de producción a las ventas se denomina *takt time*.

Tabla 4.6. Asignación operaciones. Etapa 2.

Proceso	Operación	Descripción	Unidad (U) o lote (L)	Tiempo Ud	
Corte y estampado	10	Llevar chapas a proceso de corte y estampado	L	100	Puesto 1
	11	Corte y estampado chapas	U	500	
	12	Llevar piezas a corte y estampado	L	100	
Total corte y estampado				700	
Embutición y punzonado	20	Carga a la prensa	U	20	Puesto 2
	21	Embutición y punzonado	U	100	
	22	Descarga de la prensa	U	20	
Soldadura	23	Carga y fijación del panel interior	U	25	Puesto 3
	24	Soldadura cruceta 1	U	60	
	25	Soldadura cruceta 2	U	60	Puesto 4
	26	Soldadura barra seguridad	U	160	
	27	Descarga	U	25	
Enmasillado	28	Carga del panel interior	U	25	Puesto 5
	29	Enmasillado	U	150	
	30	Descarga del panel interior	U	25	
Soldadura y engastado panel interior y exterior	31	Carga del panel interior y exterior	U	25	Puesto 6
	32	Engastado	U	30	
	33	Soldadura paneles	U	60	
	34	Descarga del portón	U	25	
	35	Llevar al almacén	L	85	
Total procesos en línea				895	
Totales				1.595	



El *takt time* define cual debe ser la cadencia de salida del producto que permite adaptar la producción a la demanda. Por ejemplo, si la demanda diaria del producto son 200 unidades (1.000 unidades semanales) y el tiempo disponible de jornada laboral son 15,6 horas (56.160 segundos), significa que cada 280,8 segundos se debe producir una unidad de producto para poder adaptar nuestra producción a la demanda.

A continuación se procederá a descomponer los procesos en sus operaciones elementales y agruparlos de tal forma que el proceso quede lo más equilibrado posible. Hay que tener en cuenta que, en esta fase, además de equilibrar los procesos estamos empezando a implantar la polivalencia de los trabajadores.

La Tabla 4.6 de la página anterior muestra la nueva asignación de las operaciones para alcanzar el equilibrio.

La Tabla 4.7 muestra los nuevos valores de las magnitudes que estamos estudiando para evaluar esta mejora en la eficiencia del sistema productivo.

Tabla 4.7. Evaluación magnitudes. Etapa 2.

Tiempo de ciclo proceso por lote de una unidad	225 s
Lead time total	226.375 s (62,9 horas)
Lead time primera pieza	1.595 s
Lead time última pieza	213.075 s (59,2 horas)
Stock medio entre corte y estampado y embutición	2.578 paneles
Stock medio entre el resto de procesos	2 paneles



Se observa que ha reducido el *lead time* total respecto a la situación anterior en 36,3 horas, así como el tiempo ciclo de proceso y el *stock* medio de los procesos en línea se ha reducido hasta las 2 unidades. En resumen, se ha optimizado el proceso de producción alcanzando un mayor nivel de eficiencia y competitividad.

4.4 Etapa 3. Introducción de la flexibilidad

Una vez implantados los aspectos esenciales de la gestión *lean* y eliminados los despilfarros, el paso siguiente es la introducción de la **flexibilidad** que, manteniendo el proceso altamente eficiente en todos los aspectos (tiempos de proceso bajos, ausencia de *stocks*, ausencia de tiempo de paro, equilibrado y productividad elevada), el tiempo de ciclo pueda variar, a fin de adaptarlo al *takt time*.

El Value Stream Mapping

Una herramienta para caminar hacia la producción lean

Muchas empresas que han implantado estrategias *lean* han empezado a hacerlo por una parte de la empresa sin tener en cuenta toda la cadena de valor para sus familias de productos. Esta forma de actuar puede provocar óptimos locales pero no siempre eficiencias para la globalidad de la empresa. En un proceso de esta naturaleza la empresa habrá gastado recursos humanos y económicos pero no habrá conseguido mejorar de una manera significativa.

Este capítulo se centra en presentar y explicar el uso de la herramienta **Análisis de la Cadena de Valor** (*Value Stream Mapping*, en adelante, VSM para hacer progresos reales hacia la Producción ajustada (*Lean Manufacturing*) dentro de las empresas industriales. Esta herramienta ha sido desarrollada por J. Shook en su libro *Learning to see*) como fórmula para conducir las actividades de mejora (*Kaizen*) y hacer que éstas sean realizadas del modo más eficiente posible y siempre desde la perspectiva del cliente. Se utilizará un caso práctico para visualizar mejor el uso de la herramienta.

5.1 El Value Stream Mapping (VSM)

El análisis de la cadena de valor trata de ayudar a las empresas a centrar su atención en todo el flujo del proceso de producción (de puerta a puerta dentro de una planta, desde la recepción



de componentes y de materiales hasta el envío del producto al cliente) en lugar de ver los procesos de manera aislada. Incluso permite expandirse hacia fuera llegando a los proveedores y clientes. Ello supone adoptar una perspectiva que requiere trabajar con amplitud de miras, no sólo fijándose en los procesos individuales sino en todo el conjunto.

El uso del VSM es algo sencillo y extremadamente potente. Es una herramienta “de lápiz y papel” que ayuda a ver y comprender el flujo de materiales y el de información a medida que el producto sigue su transformación.

En el VSM se representa cada proceso mediante diagramas de bloques. Así, se visualizan fácilmente los bloqueos o estancamientos del flujo de los materiales.

Los pasos que debe seguir una organización para llevar a cabo la implementación del VSM son los siguientes:

1. Seleccionar una familia de productos. Familia de productos es un conjunto de variantes de producto que se someten a un proceso de fabricación similar utilizando medios de producción comunes.
2. Formar el equipo de personas participante en el análisis.
3. Dibujar los procesos de producción básicos seguidos por el producto, identificando las parámetros clave de cada proceso.
4. Trazar el mapa del flujo de material, es decir, cómo se mueve el material de proceso en proceso, qué inventarios existen y de qué magnitud, así como el análisis del flujo de las materias primas de los proveedores a la empresa y del producto terminado a los clientes.
5. Dibujar el mapa del flujo de información entre el cliente y la empresa, entre la empresa y proveedores y entre el departamento de planificación y los procesos de producción.
6. Calcular el *Lead Time* total del producto y el *Lead Time* de proceso.



Llegado este punto, la empresa habrá conseguido entender el mapa del flujo de valor del estado actual (VSM actual) y reconocer las áreas de desperdicio o despilfarro como la sobreproducción, los transportes innecesarios, los tiempos de espera, los inventarios, el defectivo, las dobles o triples manipulaciones, etc.

El siguiente paso es diseñar el mapa del flujo de valor de su empresa futuro con un enfoque *lean* o de producción ajustada. Para ello, la empresa debe ajustar la producción a la demanda con la máxima eficiencia.

Unas pautas para ajustar su producción a la demanda son:

- 1. Producir en su *Tackt time*.** El *Tackt time* (Tiempo disponible/Demanda del producto) define cuál debe ser la cadencia de salida del producto que permite adaptar la producción a la demanda.
Por ejemplo, si la demanda diaria de un producto son 100 unidades y el tiempo disponible de jornada laboral son 7,5 horas (27.000 segundos), significa que cada 270 segundos se debe producir una unidad de producto para poder adaptar nuestra producción a la demanda.
- 2. Implantar procesos en flujo lineal, unidad a unidad, donde sea posible.** Con la implantación en línea y flujo unitario se dispondrá de un sistema productivo que reduce al mínimo todo tipo de manipulaciones y movimientos innecesarios, además de eliminar *stocks* intermedios.
- 3. Usar sistemas *kanban* en aquellos puntos donde el flujo continuo no sea posible.**
- 4. Distribuir uniformemente en el tiempo la producción de diferentes productos (nivelar la producción).**

Al utilizar el VSM, las ideas sobre el estado deseado surgirán a medida que vaya representándose el mapa del estado actual de la cadena de valor. Del mismo modo, al dibujar el estado futuro, a menudo se identificará información importante del estado actual que se ha pasado por alto y que requerirá de una toma de datos.



5.2 Beneficios del VSM

Los beneficios del VSM son los siguientes:

1. Ayuda a ver los procesos individuales y el conjunto de todos ellos.
2. No sólo ayuda a ver el despilfarro, sino el origen del mismo. Esto permitirá eliminarlo de forma sencilla.
3. Sienta las bases de un plan de implementación *lean*, ayudando a diseñar cómo debería ser el flujo completo.
4. Muestra la unión entre el flujo de información y el flujo de materiales. En este sentido no es una herramienta que informa de datos (*lead time*, distancia recorridas, *stocks* en curso) de forma aislada sino que describe cómo debería ser la fábrica para que todo funcionase en flujo.

Este último apartado es fundamental para una implementación *lean*. En la fabricación *lean* el flujo de información es tratado con la misma importancia que el flujo de materiales. Así, Toyota y sus proveedores utilizan los mismos procesos básicos de transformación de material que los fabricantes en masa, tales como estampado, fundido, ensamblado, pero las plantas de Toyota regulan su producción de forma bastante diferente. La cuestión clave que uno debe tratar de responder es: ¿cómo hacer que la información fluya de forma que cada proceso produzca solamente lo que el siguiente proceso necesita y cuando este lo necesita?

5.3 El uso de la herramienta VSM: Un caso práctico

Se ilustrará el uso del VSM aplicándolo al proceso de fabricación de la empresa que suministra puertas para vehículos comerciales vista en el Capítulo 4. Recordemos que se trata de una planta



con una distribución por talleres y lotes de transferencia entre estaciones de trabajo de 50 paneles.

A continuación, formaremos el equipo de personas participante. Estará integrado por representantes de las diferentes funciones de la empresa, familiarizados con el producto. De todos ellos se elegirá un jefe de equipo.

Los componentes de un portón trasero son los que se muestran en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Componentes.

Componentes	Descripción	Nº unidades
10	Panel exterior	1
11	Panel interior	1
12	Cruceta	2
13	Barra seguridad	1
14	Soporte motor limpia	1

Nuestro proceso sólo fabrica el panel interior y los exteriores son suministrados por otros procesos de la empresa. Las operaciones que incluyen son:

- Corte de chapa y estampado.
- Embutido y punzonado.
- Soldadura barra seguridad.
- Soldadura crucetas.
- Soldadura soporte motor del limpiaparabrisas.
- Enmasillado para ensamblado.
- Soldadura y engastado de panel interior y exterior.

La Tabla 5.2 de la página siguiente muestra las operaciones de cada uno de los procesos con sus tiempos.



Tabla 5.2. Actividades y tiempos de proceso.

Proceso	Operación	Descripción	Unidad (U) o lote (L)	Portón	
				Tiempo Ud	Tiempo lote
Corte y estampado	10	Llevar chapas a proceso de corte y estampado	L	100	100
	11	Corte y estampado chapas	U	10	500
	12	Llevar piezas a corte y estampado	L	100	100
Total corte y estampado			Total	210	700
Embutición y punzonado	20	Carga a la prensa	U	20	1.000
	21	Embutición y punzonado	U	100	5.000
	22	Descarga de la prensa	U	20	1.000
	24	Llevar piezas a soldadura	L	100	100
Total embutición y punzonado			Total	240	7.100
Soldadura	30	Carga y fijación del panel interior	U	25	1.250
	31	Soldadura de las crucetas y barras	U	280	14.000
	32	Descarga	U	25	1.250
	33	Llevar piezas a enmasillado	L	100	100
Total soldadura			Total	430	16.600
Enmasillado	40	Carga del panel interior	U	25	1.250
	41	Enmasillado	U	150	7.500
	42	Descarga del panel interior	U	25	1.250
	43	Llevar piezas a soldadura y engastado	L	100	100
Total enmasillado			Total	300	10.100

Continúa



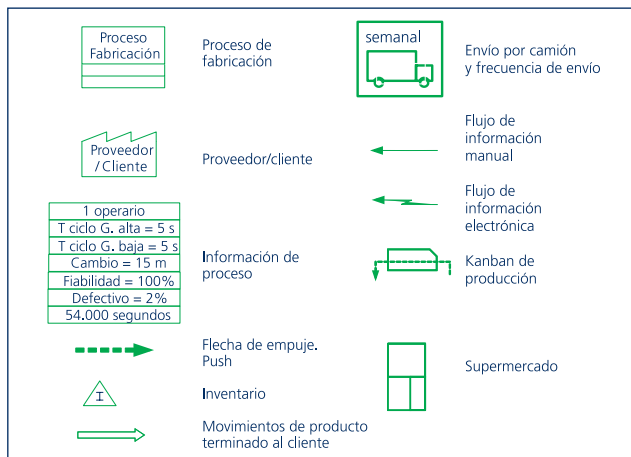
Proceso	Operación	Descripción	Unidad (U) o lote (L)	Portón	
				Tiempo Ud	Tiempo lote
Soldadura y engastado panel interior y exterior	50	Carga del panel interior y exterior	U	25	1.250
	51	Engastado	U	30	1.500
	52	Soldadura paneles	U	60	3.000
	53	Descarga del portón	U	25	1.250
	54	Llevar a almacén	L	100	100
Total engastado y soldadura			Total	240	7.100
			Totales	1.420	41.600

a. La cadena de valor actual (VSM actual)

Con la información facilitada hasta el momento ya se puede empezar a dibujar el VSM actual.

La simbología que se utiliza en el *Value Stream Mapping* es:

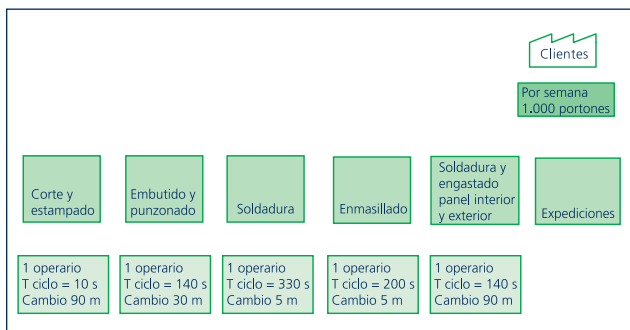
Figura 5.1. Símbolos del VSM.





Primero dibujaremos los procesos de producción básicos identificando los parámetros clave de cada proceso (Figura 5.2).

Figura 5.2. Procesos de producción básicos.



A continuación trazaremos el mapa del flujo de material, es decir, cómo se mueve el material de proceso en proceso, qué inventarios existen y de qué magnitud, así como el análisis del flujo de las materias primas de los proveedores a la empresa y del producto terminado a los clientes (Figura 5.3).

El siguiente paso es dibujar el mapa del flujo de información entre el cliente y la empresa, entre la empresa y proveedores y entre el departamento de planificación y los procesos de producción y calcular el *lead time* del producto y del proceso. Con esto ya tenemos el *Value Stream completo* (Figura 5.4).

En las páginas siguientes se representan todas estas figuras a las que acabamos de hacer referencia.

Con el estado actual de la cadena de valor de la empresa nos encontramos en condiciones de pensar cuál tiene que ser su estado futuro teniendo en cuenta las pautas comentadas en el Epígrafe 5.1.



Figura 5.3. Mapa del flujo de material.

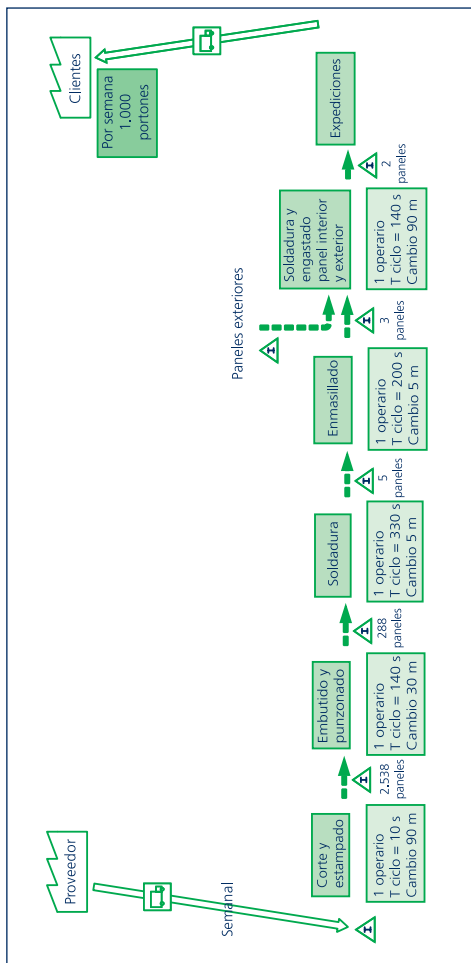
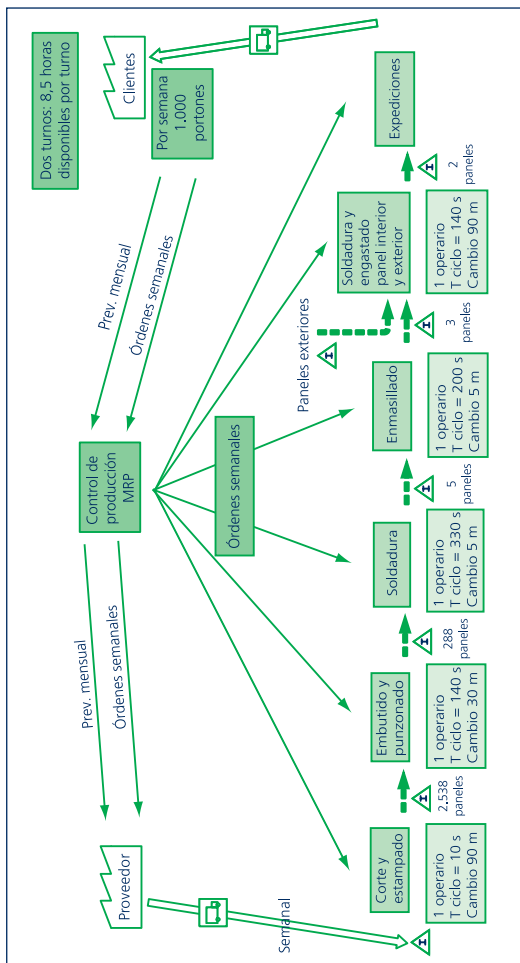




Figura 5.4. VSM actual.





Si nos centramos en los almacenes, nos podrán parecer en muchos casos excesivos, pero tenemos que tener en cuenta, por ejemplo, que si nosotros no funcionamos con nuestro proveedor con entregas diarias nunca podremos disminuir nuestro almacén de cinco días a un día. Con esto se quiere hacer ver que muchos de los problemas actuales son debidos a la forma en que se transmite la información.

b. La cadena de valor futura (VSM futura)

El propósito de esta fase es descubrir las fuentes de despilfarros de la cadena de valor actual y eliminarlas, para producir sólo y únicamente lo que el cliente necesita y cuándo lo necesita. Pero, antes de nada, su empresa debe tener en cuenta que pasar a una situación *lean* es un proceso largo y para ello piense, por ejemplo, qué parte del despilfarro existente en su organización es el resultado de decisiones tomadas con anterioridad (la maquinaria de proceso existente, la distribución en planta de algunas actividades) y que el cambio de alguno de estos aspectos supone importantes inversiones y tiempo de ejecución.

En resumen, en una primera fase la empresa debe centrarse en las fuentes de despilfarro que puedan ser eliminadas en un plazo de tiempo corto, dejando a un lado los grandes cambios.

Una forma sencilla de diseñar el VSM futuro es contestar a una lista de preguntas y marcar las ideas derivadas de las respuestas sobre el VSM actual. Una vez trabajada la viabilidad de estas ideas ya se puede comenzar a dibujar el VSM futuro.

¿Cuál es el takt time para la familia de productos elegida (portones para vehículos comerciales)?

Como ya sabe el lector, el cálculo del *takt time* comienza con el tiempo de trabajo disponible, que será igual al tiempo de la jornada menos todos los descansos y paradas que son tiempos de no trabajo.



Supongamos que se trabaja a dos turnos con un tiempo disponible por turno de 7,8 horas, resulta que el tiempo disponible semanal es de 78 horas o 280.800 segundos.

A continuación, se divide el tiempo disponible entre la demanda semanal de portones, que, en nuestro ejemplo, supongamos que son 1.000 unidades:

$$Takt\ Time = 280.800/1.000 = 280,8 \text{ segundos}$$

Esto quiere decir que nuestra empresa, para atender a la demanda semanal de su cliente, necesita producir un portón cada 280,8 segundos.

¿En qué partes del proceso podemos realizar una distribución en línea con flujo de producto de unidad a unidad?

La empresa tiene una distribución por talleres con almacenes intermedios en todos los puestos de trabajo. El lote de transferencia es de 50 paneles, existiendo stock en curso en todos los puestos de trabajo. Todas las instalaciones están dedicadas a la familia de productos que estamos estudiando, excepto la instalación de corte y estampado que se dedica también a servir a otras familias de producto. Esto hace que no sea posible implantar una línea con flujo continuo en todo el proceso, dado que a corto plazo dedicar la primera instalación exclusivamente a los portones supondría desaprovechar mucha parte del tiempo de las instalaciones de corte y estampación y, por otra parte, la necesidad de invertir en nuevas instalaciones para el resto de familias de productos.

Respecto al resto de instalaciones (embutición, soldadura, enmasillado y soldadura y engastado) las acercaremos físicamente formando una línea de producción con transferencia unidad a unidad. Con esto disminuirá el stock en proceso. La siguiente mejora que se debe introducir es equilibrar los puestos de trabajo, teniendo en cuenta que el tiempo ciclo no puede superar la barrera del *takt time*, 280,8 segundos. En la Tabla 5.3 pueden observarse las asignaciones de las operaciones por puestos.

**Tabla 5.3.** Equilibrado.

		Tiempo	Situación inicial		Situación nueva	
			Nº de trabaj.	Tciclo / s	Nº de trabaj.	Tciclo / s
20	Carga a la prensa	20	1 operario	140	1 operario	225
21	Embutición y punzonado	100				
22	Descarga de la prensa	20				
23	Carga y fijación del panel interior	25	1 operario	330	1 operario	220
24	Soldadura cruceta 1	60				
25	Soldadura cruceta 2	60				
26	Soldadura barra seguridad	160				
27	Descarga	25	1 operario	200	1 operario	225
28	Carga del panel interior	25				
29	Enmasillado	150				
30	Descarga del panel interior	25	1 operario	240	1 operario	225
31	Carga del panel interior y exterior	25				
32	Engastado	30				
33	Soldadura paneles	60				
34	Descarga del portón	25				
35	Llevar a almacén	100*				

* En la situación nueva se ha mejorado dicho tiempo reduciéndose a 85 s.



El proceso ¿será diseñado para un almacén de productos terminados antes del envío al cliente o será diseñado para envíos directos al cliente?

A pesar de que el cliente de nuestra empresa tiene una demanda muy estable (1.000 portones semanales) y, por tanto, se podría trabajar sobre pedido, se optará, en este caso, por establecer un almacén de producto terminado para suplir posibles variaciones en la demanda y/o deficiencias en el proceso productivo. Eso no quita que en futuras mejoras de la cadena VSM se tienda a eliminar este almacén. El almacén se regirá por tarjetas *Kanban*.

¿Dónde necesitará la empresa implantar sistemas pull?

En el VSM futuro se ha decidido producir portones para almacén de productos terminados. Dado que no es posible diseñar un flujo continuo con todas las estaciones de trabajo se van a establecer sistemas *pull* entre corte y estampación y la línea. Para ello la empresa se ayudará del *Kanban*, por lo que se establecerá un tamaño del “cestón” de paneles. Si observamos el tiempo de proceso de la instalación de corte y estampado, éste es muy pequeño, por lo que no tiene mucho sentido definir un tamaño de cestón de 50 unidades (500 segundos de proceso) para luego cambiar de utillaje (1,5 horas). Lo que la empresa ha decidido ha sido realizar un solo cambio de matrices al día, lo que supone que el tiempo de producción de un lote deberá ser aproximadamente de 14,1 horas (50.760 segundos). Es decir, producirá 5.076 paneles que serán consumidos por la línea mucho más lentamente.

Por otra parte, a partir de ahora, se negociará la posibilidad de que nuestro proveedor nos envíe las bobinas necesarias para un día de producción (9 bobinas). Para ello estableceremos un sistema de *Kanban* con el proveedor. Con esto conseguiremos que los pedidos se realicen en base al consumo real y no en base a planificaciones generadas a partir del MRP.



El que el proveedor nos envíe las bobinas de forma diaria supone una muy importante reducción del inventario que pasaría de 45 bobinas actuales a 9 bobinas.

Nuestro progreso hasta este punto

Hasta ahora se ha propuesto una línea de producción para los procesos de embutición, soldadura, enmasillado y soldadura y engastado con flujo unitario y equilibrada. Por otra parte se ha establecido un sistema *pull* entre los procesos corte-estampado y la línea, pero nos falta un tema muy importante y es que la información fluya y un proceso haga sólo lo que el siguiente proceso necesita y cuando éste lo necesita.

En lugar de enviar la información del cliente a un sistema MRP (*Material Requirement Planning*, Planificación de las necesidades de los materiales) centralizado para que éste a su vez envíe instrucciones a cada estación de trabajo, se nivelan las órdenes del cliente y se envían a un solo lugar por ejemplo al almacén de producto terminado y desde aquí mediante los sistemas *pull* conseguimos, que el resto de procesos hagan lo que justo se necesita y cuando se necesita.

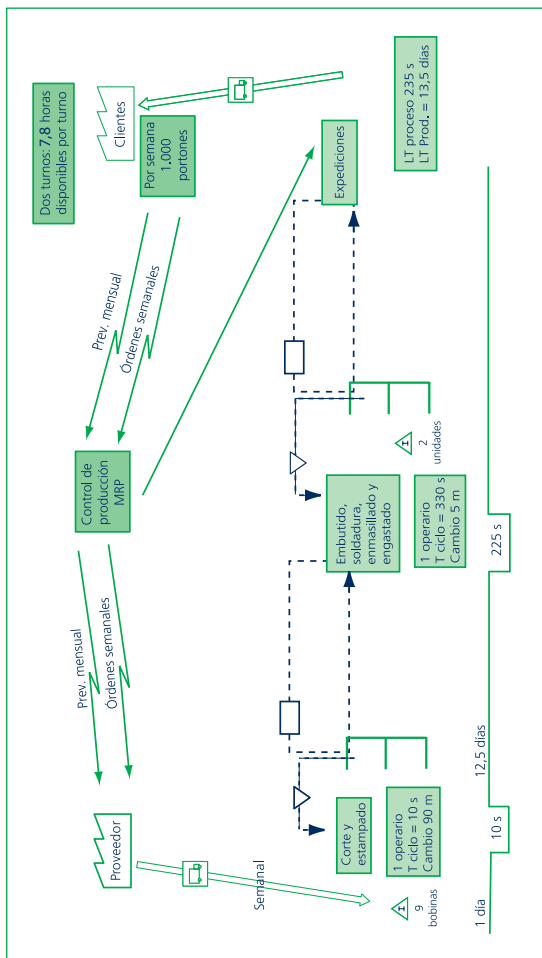
Otro aspecto que iremos mejorando será el tiempo de cambio de matrices en la instalación de corte y estampado, de tal forma que si se consigue disminuir dicho tiempo la empresa podrá trabajar en lotes de menor tamaño y, como consecuencia disminuirá el *stock* intermedio.

El Value Stream Futuro

Ya estamos en disposición de dibujar el nuevo VSM.



Figura 5.5. VSM Futuro.



Los sistemas de costes tradicionales y el lean manufacturing

La contabilidad de costes es un sistema de información y como tal se pretende que cubra unos objetivos. Los objetivos de los sistemas de información de la contabilidad de costes se suelen agrupar en tres categorías (Nicolàs, 1996):

- Determinación de coste del producto.
- Ayuda a las decisiones de planificación, es decir, el establecimiento de objetivos para las operaciones futuras.
- Ayuda al control, es decir, la comparación periódica con respecto a las previsiones realizadas.

Para la consecución de estos objetivos, se han desarrollado diferentes técnicas de clasificación y acumulación de costes para la determinación del coste del producto, así como técnicas para la ayuda a las decisiones de planificación y control.

6.1 Evolución de los modelos de costes tradicionales

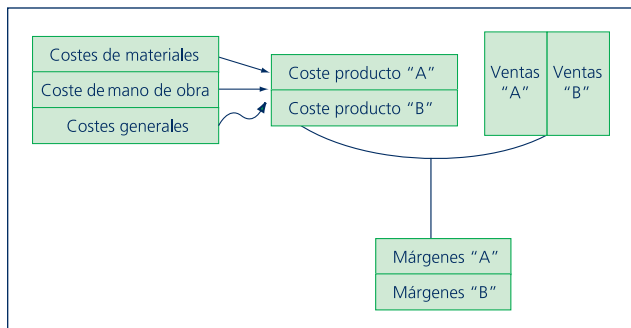
6.1.1 El modelo de costes basado en el producto (hasta 1900)

Las empresas del siglo XIX utilizaban un **modelo de costes basado en el producto**. El funcionamiento era bastante sencillo: todos los recursos se asignaban directamente a los productos y



aquellos cuya asignación no era muy directa (costes indirectos) se realizaba mediante una base de imputación única. En la Figura 6.1 da una idea de su funcionamiento.

Figura 6.1. Modelo de costes basado en el producto.



Fuente: Martin y Ros, 2003.

La línea curva que enlaza los costes generales (o costes indirectos) representa que la asignación de estos costes a los productos es controvertida.

Este modelo fue válido hasta principios del siglo XX, momento en el que en las empresas, por incremento de su cartera de productos y de sus costes indirectos, dejó de ser indiferente aplicar una única tasa de reparto o varias.

6.1.2 El modelo de costes basado en las secciones o centros

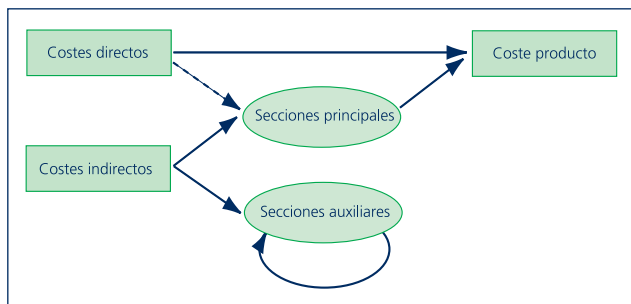
Erich Schneider, en su libro *Industrielles Rechnungswesen (Contabilidad Industrial)*, fue el creador del modelo de costes por secciones.



En la década de 1940, Schneider se centró en demostrar las deficiencias del modelo de costes por producto y en poner de manifiesto que la empresa de los años 1940 y 1950 necesitaba un nuevo enfoque. Este nuevo enfoque es el **modelo de costes por secciones**.

Este método clasifica los costes en directos o indirectos. Los primeros los asigna directamente a los productos en función del consumo que cada producto realice.

Figura 6.2. Asignación costes directos e indirectos.



Fuente: Zárraga, 1999.

Con respecto a los costes indirectos, su imputación se realiza en dos etapas:

- En la *primera etapa* se distribuyen los recursos consumidos entre las secciones o centros de coste. Asimismo, en esta primera etapa, los costes acumulados en las secciones auxiliares se distribuyen entre las principales en función del uso que estas últimas hayan hecho de las primeras.
- En la *segunda etapa* se asignan los costes acumulados en las secciones principales a los productos. Esta operación se lleva a



cabo mediante las denominadas unidades de obra (UdO), que relacionan las secciones o centros de coste con el uso que los productos hacen de ellas.

6.2 Críticas a los modelos de costes tradicionales

A finales de la década de 1980, la Contabilidad de Costes y de Gestión cobró un gran protagonismo, haciéndose patente la necesidad de una evolución de esta disciplina.

Es importante apuntar que esta situación de crisis ya se había planteado en otros períodos. En 1921, G. Charter Harrison escribía un artículo en el *Boletín de la NACA* preguntándose “¿Qué es lo que no funciona en la contabilidad de costes?” (*What’s wrong with cost accounting?*). En él se lamentaba de que muchos sistemas de costes utilizados por las empresas de su tiempo se habían quedado obsoletos. Estos sistemas funcionaban, según el inquieto autor, “con la mentalidad de los años 1880 y no con la de los años 1920”. Y citaba, además, un caso, sospechosamente repetido hoy, de un directivo que hacía sus propios números porque no se fiaba de los que le suministraba el departamento de costes.

En 1986, Robert Kaplan junto con Thomas Johnson escribía el libro, *Relevance Lost: The Rise and Fall of Management Accounting*, en el que pusieron de manifiesto la necesidad de adecuar los sistemas contables para la gestión interna.

El grupo encargado del diseño conceptual para el programa CMS (*Cost Management System-Sistema para la Gestión de Costes*) del consorcio americano CAM-I (*Computer Aided Manufacturing-International*) se lamentaba en 1988 de que, siendo el entorno competitivo tan vasto y feroz, en el que muchas empresas se juegan su supervivencia, los sistemas de costes no ofrecían



una información cuidada o oportuna para gestionar el uso de los recursos.

6.3 Razones de la crisis de los sistemas de costes

Resumiendo, las razones de la crisis de los sistemas de costes tienen un doble origen:

- Cambios en el entorno para el que fueron diseñados.
- Excesivo sometimiento a la contabilidad financiera.

La mayor competitividad en los mercados ha intensificado los esfuerzos de las empresas por gestionar el consumo de los recursos de la forma más eficiente. Esto ha llevado a las empresas, con una clara intención de satisfacer las necesidades de los clientes, a una complejidad en los procesos y los productos para los cuales no son válidos los sistemas de costes tradicionales.

Jonhson y Kaplan (1987) indican que:

“La contabilidad de costes actual no ha llegado a satisfacer sus intenciones. Su uso ha evolucionado de sus objetivos originales hasta un propósito para el que no estaba concebido y finalmente falla y no lo alcanza”.

“En 1925 se habían desarrollado casi todas las prácticas contables de gestión actuales... Estas prácticas habían evolucionado para servir a las necesidades de información y control directivas en empresas cada vez más complejas y diversas. En este punto la innovación pareció detenerse”.

Este punto se ve reforzado con:

“En décadas siguientes, al crecer las líneas de producto, cambiar la tecnología de la producción y las condiciones competitivas globales y, lo que es más importante, producirse grandes avances en la tecnología de la información, podía esperarse que



los directivos reconsideraran su decisión de no invertir en un sistema contable caduco. Pero cuando estos hechos se dieron, el conocimiento y espíritu del diseño de los sistemas contables de gestión, creados y sostenidos durante 100 años (1825-1925) se había perdido. Las empresas se estancaron en los sistemas de costes y métodos de informes administrativos de 1920. Cuando los sistemas de coste se automatizaron en computadores digitales, a mediados de los 60, los diseñadores automatizaron los sistemas manuales que encontraron en las fábricas. No se cuestionó si estos sistemas eran aún útiles, dada la gran expansión de la tecnología de la información...”.

La influencia que la contabilidad financiera ha tenido sobre la contabilidad de costes, a partir del crack de 1929, ha hecho que el objeto final de la contabilidad de costes no sea determinar los mismos con la finalidad de tomar decisiones, ni de gestionar estratégicamente el consumo de recursos asociado a cada producto o cliente, sino que simplemente, se vea reducido a una mera valoración de los inventarios para poder elaborar los estados financieros (Jonhon y Kaplan, 1987). A raíz de esta influencia, los sistemas de costes han descuidado su papel en los procesos de control, toma de decisiones y de mejora continua.

De las razones anteriores se derivan efectos que van a determinar la incapacidad de la contabilidad de gestión actual para cumplir los objetivos citados al comienzo de este capítulo:

- Distorsión en el cálculo del coste del producto.
- Inadecuación de los sistemas de control.
- Incapacidad por parte de la contabilidad de sugerir acciones para promover la mejora continua.
- Irrelevancia para la toma de decisiones.

A continuación, se analiza en detalle el primero de ellos. La forma que tienen los sistemas de costes tradicionales de imputar los costes indirectos distorsiona significativamente los costes del producto.



Tal y como hemos comentado en el Epígrafe 6.1.2, los métodos tradicionales clasifican los costes en directos o indirectos. Los primeros los asignan directamente a los productos en función del consumo que cada producto realice.

Con respecto a los costes indirectos su imputación se realiza en dos etapas:

- En la primera etapa se distribuyen los recursos consumidos entre las secciones o centros de coste. Asimismo, en esta primera etapa, los costes acumulados en las secciones auxiliares se distribuyen entre las principales en función del uso que estas últimas hayan hecho de las primeras.
- En la segunda etapa se asignan los costes acumulados en las secciones principales a los productos. Esta operación se lleva a cabo mediante las denominadas unidades de obra (UdO), que relacionan las secciones o centros de coste con el uso que los productos hacen de ellas.

Con este sistema se comete un doble error:

- a. Enmascarar en un único centro de coste el consumo de factores de actividades no relacionadas con el centro.
- b. Evaluar todo el consumo de factores de un centro de coste por la medición de una sola de las actividades desarrolladas.

Habitualmente, las unidades de obra elegidas (horas-hombre, horas-máquina) guardan una alta relación con el volumen de producción de cada producto. Con esta forma de reparto los costes indirectos se asignan en base al volumen de producción de cada producto y no necesariamente tiene que ser así, ya que productos con pequeño volumen pueden requerir muchas actividades.

Este sistema fue válido cuando las empresas tenían implantados sistemas productivos de un solo producto o producían gamas muy reducidas de unidades estandarizadas y, además, al



estar poco automatizadas, la mano de obra era un componente fundamental en sus estructuras de costes.

Siempre que una compañía fabrica y vende múltiples productos y servicios se distorsionan los costes de los productos si se evalúan por un sistema de costes tradicional. Dos empresas que fabrican el mismo tipo de producto, pero una de ellas con una amplia gama, son empresas internamente muy diferentes. La empresa de mayor gama tiene más personal por sus mayores necesidades de programación, cambios de utillaje, recepción de materiales, expedición, inspección, manipulación de materiales, etc. Además, por el hecho de la alta variedad de productos, tiene mayores tiempos de inactividad, mayores rechazos, mayores niveles de *stocks*, y un sistema de planificación mucho más complejo. Los costes indirectos en la empresa de mayor gama de productos son considerablemente mayores que en la empresa de pequeña gama.

Resulta bastante ilustrativo el ejemplo de Robin Cooper y Robert Kaplan (1988):

“Supongamos una empresa que fabrica en sus dos plantas bolígrafos de distintos colores, a partir de un mismo proceso de fabricación, con un equipo productivo idéntico que requiere las mismas horas de mano de obra directa por unidad, sea cual sea el tipo de bolígrafo producido. La planta I produce 1.000.000 de bolígrafos azules al año, mientras que en la planta II se fabrican 100.000 bolígrafos negros, 50.000 rojos, 20.000 verdes, 800 morados y así hasta 1.000.000 de bolígrafos al año en lotes de distintos colores. El volumen producido en ambas plantas es idéntico, así como las horas de mano de obra directa y las horas-máquina empleadas.

Esto nos llevaría a afirmar que el coste de cualquier tipo de bolígrafo es el mismo sea cual sea su color. Sin embargo, evidentemente la planta II incurre en una serie de costes (cambio de máquinas, movimiento de materiales, inventario, órdenes de



compra, supervisión, órdenes de embarque, etc.), inexistentes o menores en la planta I. Estos costes deben ser imputados tan sólo a las unidades que los han ocasionado (bolígrafos negros, rojos, verdes, morados, etc.). Un sistema tradicional repartiría los costes de la planta II entre todas las unidades producidas en función de las horas de mano de obra y las horas-máquina, sobrecargando de esta forma el coste de los bolígrafos azules.”

La necesidad de una proximación diferente para apoyar la fabricación lean

Se ha escrito mucho sobre los problemas asociados con la contabilidad de costes y la necesidad de cambio. Sin embargo, el cómo abordar estos cambios es materia de continuo debate. Aunque hay reconocimiento de la necesidad de cambio no hay consenso real de cómo deben ser adaptados los sistemas de costes o cómo deben ser desarrollados para apoyar y dirigir la fabricación *lean* (Ruiz de Arbulo, 2005).

Con la introducción de las prácticas de fabricación *lean* en la industria se espera que no sólo mejore el comportamiento operacional sino también el comportamiento financiero. Sin embargo, a pesar de las mejoras operacionales significativas, muchas empresas fallan porque no llegan a experimentar las mejoras financieras correspondientes.

Se dice que los sistemas de costes tradicionales tienen la culpa de dirigir comportamientos que entran en conflicto con las ideas *lean*. Se dice que:

- Los grandes lotes favorecen mantener a los empleados y a las máquinas completamente ocupados con el objetivo de absorber gastos indirectos.
- La información no está disponible suficientemente pronto para apoyar la mejora continua a nivel de célula o cadena de valor.



- Los beneficios de la fabricación *lean* (mayor calidad, tiempos más cortos, capacidad incrementada) pueden llegar a no verse (Lean Enterprise Institute, 2003).

7.1 La pregunta clave

James Womack y Daniel Jones se plantean la siguiente pregunta: “¿qué tipo de sistema de contabilidad de gestión haría que los gestores hicieran siempre lo correcto desde el punto de vista *lean*?” (Womack y Jones, 2003).

Considerando la pregunta planteada por Womack y Jones, debemos tener en cuenta que la contabilidad es una parte integral del sistema de planificación y control de cualquier sistema de fabricación, y debe seguir siéndolo. Sin embargo, tal como se ha señalado anteriormente, los sistemas de contabilidad de costes pueden llegar a ser un impedimento fundamental para llegar a alcanzar los cambios deseados en fabricación.

Kaplan establece que un buen sistema de costes debería producir estimaciones que incorporaran los gastos incurridos en relación con el producto a través de la cadena de valor de la organización completa (Kaplan, 1988).

Así, el coste del producto debería incluir no sólo los costes de planta para convertir las materias primas en un elemento acabado sino también los costes para establecer la cadena de distribución, realizar la venta, distribuir el producto y suministrar los servicios auxiliares. Sin embargo, Kaplan defiende que estos costes de productos, a menudo, no mantienen relación con los recursos totales consumidos por el mismo. Esto se refiere al hecho de que los gastos indirectos son asignados, con frecuencia, sobre la base de mano de obra directa y, como resultado, pueden provocar distorsiones en los costes de producto.

En el Capítulo 6 se ha puesto de manifiesto que una crítica principal de los sistemas de gestión tradicionales en las empresas



de fabricación es que están diseñados para evaluar inventario más que para medir coste de producto con precisión.

Si se acepta que la gestión de costes de productos convencional a menudo no proporciona comprensión auténtica de los costes de producto y que la asignación de gastos indirectos sobre mano de obra directa lleva a comportamientos disfuncionales, entonces ¿qué forma de gestión de costes de producto se necesita para acompañar la fabricación *lean*?

Estudiaremos a continuación los sistemas de costes ABC (*Activity Based Costing*) y el *Value Stream Costing*.

7.2 Sistema de costes ABC

Los sistemas de costes ABC (*Activity Based Costing*) fueron desarrollados como respuesta a los problemas de asignación de los gastos generales sobre la base de la mano de obra directa.

Su objetivo principal es proporcionar información de coste de producto mejorada utilizando inductores de coste apropiados.

Se basa en dos premisas:

1. Las actividades consumen recursos.
2. Los productos consumen actividades.

El método de implantación en el ABC se puede resumir en cuatro fases:

Fase 1. Análisis y determinación de las actividades. Por diversos procedimientos de entrevistas, cuestionarios, etc., se analiza lo que cada Centro de Responsabilidad hace y la forma en que lo hace. Esto es lo que denomina actividad. Una vez realizado el “inventario” de tareas se puede confeccionar, como propone Mevellec, un cuadro de doble entrada o matriz en el que en las columnas figuren los Centros de Responsabilidad y en las líneas, las actividades establecidas, debidamente valoradas; o bien, un “mapa de actividades”, sistema que permite



visualizar, para cada área analizada, las actividades en que se dividen las diferentes funciones desarrolladas, desarrollando así un verdadero inventario de las actividades de cada área y, por agregación, de la totalidad de la empresa.

Una vez establecidas las actividades se hace preciso valorarlas en términos de coste. James Brimson afirma que *“los costes se transfieren a las actividades cuando se puede establecer una relación causal entre un factor de la producción y una actividad. Por ejemplo, los costes de personal se trasladan a las actividades basándose en entrevistas con los responsables de los departamentos, para identificar qué gente está involucrada en cada actividad, estimando el porcentaje de tiempo que dedican a la misma”*.

Fase 2. Investigación de los inductores de recursos y actividad. El establecimiento de los inductores de recursos y de actividad es la tarea más delicada del método, porque su determinación implica la existencia de la relación de causalidad buscada en el sistema.

En esta fase se pretende localizar los causantes del consumo de recursos y su relación con el *output* de cada actividad. Algunas actividades, como son las directamente productivas, sí tendrán como *output* el volumen de producción; pero para las que podríamos llamar actividades de nivel de lote (independiente de la cuantía de piezas del lote), como puede ser la puesta a punto de la maquinaria, el *output* no tendrá relación con el volumen de la producción, sino con otra magnitud, que en el caso de la actividad *puesta a punto de la maquinaria* sería el número de lotes que obligan a cambiar el utillaje de la maquinaria.

Aquí está una de las diferencias importantes con los sistemas tradicionales.

Fase 3. Determinación de las agrupaciones de actividades.

Una vez determinadas todas las actividades que la empresa desarrolla se puede llegar a una reducción del número de las mismas agrupándolas en lo que se denominan agrupaciones de actividades.



Fase 4. Traslado del coste de las actividades al coste del producto. Este último paso consiste en trasladar el coste de las actividades a los productos, a través de los inductores.

7.3 El Value Stream Costing: Gestión de costes por cadena de valor

Womack y Jones (2003) defienden la gestión de costes basada en la cadena de valor de modo que todos los participantes de la misma puedan ver claramente si sus esfuerzos colectivos están añadiendo más coste que valor o al revés.

En esta línea, Brian Maskell y Bruce Baggageley, han desarrollado una herramienta, el *Value Stream Costing* (VSC, Gestión de costes por cadena de valor) con el objetivo de ayudar a las empresas a calcular el coste de la producción cuando sus métodos de fabricación *lean* empiezan a madurar (Maskell, 2000; Maskell y Baggageley, 2003).

El VSC es una metodología que trata de ayudar a las empresas a centrar toda su atención en los recursos que están siendo utilizados a lo largo de todo el proceso centrándose en calcular el coste de las cadenas de valor en lugar de ver los procesos de manera aislada.

Para desarrollar la metodología, los autores se han basado en las diferencias entre el enfoque de producción en masa y *lean*.

- La fabricación *lean* difiere de la fabricación tradicional en la forma de organizar el flujo de los productos. En la fabricación tradicional cada producto tiene su propia ruta única. En la producción ajustada los productos que tienen flujos similares se agrupan juntos en una misma cadena de valor a través de las células flexibles de fabricación.



- Esta agrupación simplifica de una forma importante los procesos de análisis de coste porque en lugar de calcular el coste para cada producto individual a través de múltiples rutas, solamente se calculará el de la cadena de valor como un todo.

Por otra parte, hay un concepto clave: el **inductor** de la cadena de valor, Maskell y Baggaley establecen que es la velocidad de flujo del producto individual. Por ejemplo, un producto que se fabrica en una célula que tiene un tiempo de ciclo de proceso de 6 minutos/unidad (10 unidades/hora) tiene el doble de coste de conversión que el producto que circula por la misma célula pero cuyo tiempo de ciclo de proceso es de 3 minutos (20 unidades/hora).

El uso del VSC es algo simple, es útil para medir el comportamiento de la cadena de valor y elimina la necesidad de asignación de costes indirectos.

Sin embargo, la gestión VSC solamente puede ser adoptada cuando la empresa ha alcanzado tiempos cortos de *lead time*, niveles de inventario bajos y estables y se ha organizado a lo largo de líneas de cadenas de valor, que es lo que se denomina “estado maduro de un sistema *lean*”.

7.3.1 Funcionamiento del Value Stream Costing

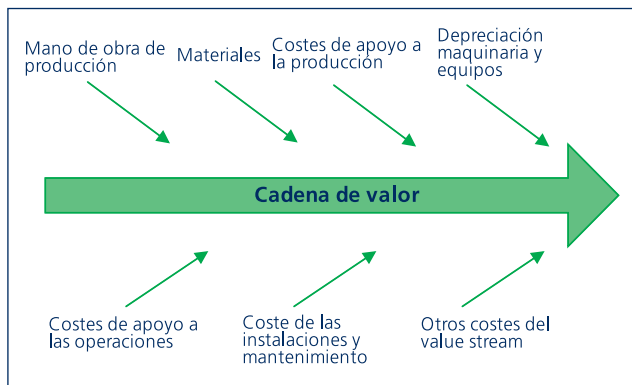
El *Value Stream Costing* o Gestión de costes por cadena de valor habitualmente se calcula semanalmente (aunque también puede hacerse quincenalmente o mensualmente) y tiene en cuenta todos los costes de la cadena de valor (*Value Stream*). No hace distinción entre los costes directos e indirectos, todos los costes de la cadena de valor se consideran directos y los de fuera de la cadena de valor no se incluyen.

Los costes que componen el VSC son los que se muestran en la Figura 7.1. El personal que trabaja en la cadena de valor se incluye, independientemente de si hace el producto, mueve



materiales, diseña, mantiene las máquinas, etc. (tanto costes directos como indirectos).

Figura 7.1. Costes incluidos en el *Value Stream Costing*.



Los costes de materiales necesarios para la producción se calculan a partir de cuánto material se ha comprado para la cadena de valor durante el periodo. Cada vez que el material se lleva a la planta, su coste se asigna a la cadena de valor.

El coste total de material de la cadena de valor es el total de la suma de todo lo que se ha comprado durante el periodo. Para que este coste sea válido, los inventarios de materias primas y de producto en curso deben ser bajos y estar bajo control. Si los inventarios son bajos, los materiales que se compran en el período se utilizarán rápidamente y reflejarán con precisión el coste de materiales del producto fabricado durante el mismo.

Los costes de apoyo, así como consumibles y otros, son asignados a la cadena de valor de forma similar. Además, se asigna el coste de superficie que ocupa dicha cadena, con objeto de motivar



a los miembros a reducir la cantidad de espacio dentro de la cadena de valor (se calcula multiplicando el coste del metro cuadrado por los metros cuadrados utilizados por la cadena de valor).

Comparando el funcionamiento del VSC con los sistemas de costes tradicionales, se puede observar que es simple porque no se dedica a recoger los costes detallados de cada tarea de producción o producto. Los costes se recogen para la cadena de valor total (*value stream*) y se resumen para el periodo elegido (semana, quincena o mes).

En cambio, la gestión de costes tradicional precisa de un sistema de recopilación de información caro e innecesario. Los sistemas de costes tradicionales suponen hacer un seguimiento de todos los costes en cada paso de la producción. Esto lleva al desarrollo de unos sistemas de recolección de información en la planta complicados y a la generación de enormes cantidades de transacciones confusas e inservibles. El resultado es la implementación de sistemas de información poco claros e innecesarios. Este tipo de sistema de recolección de datos es lo opuesto al pensamiento del sistema de producción *lean*. La mayoría de dichas transacciones son despilfarro. A su vez, estos sistemas de información llevan a elaborar informes y a convocar reuniones que son también un gasto inútil, más despilfarro.

La gestión de costes tradicional, en lugar de proporcionar una gestión visual dinámica, aporta información confusa y la aporta tarde, no proporcionando la información necesaria para avanzar en una mejora continua.

Otro aspecto a destacar, de la simplicidad del VSC, es la reducción de los centros de coste. Ya no es necesario tener un gran número de centros de coste que están a su vez subdivididos en todo tipo de elementos de coste. En su lugar los costes se recogen por cada cadena de valor y cada cadena de valor tiene, en general, muy pocos centros de coste.

**Tabla 7.1.** Ejemplo de *Value Stream Costing*.

	Costes de materiales	Costes externos	Costes de personal	Costes maquinaria	Otros costes	Total coste
Servicio a los clientes			12.000			12.000
Compras			16.000			16.000
Limpieza pantallas	21.500		18.500			40.000
Ensamblaje	42.000		23.500	25.000		90.500
Test máquinas			22.000	10.000		32.000
Control de calidad			31.000			31.000
Packing y almacén de PA			20.000			20.000
Mantenimiento			8.000			8.000
Contabilidad			5.000			5.000
Diseño			4.000			4.000
Ingeniería de proceso			4.000			4.000
Sistemas de información			3.000			3.000
	63.500	0	167.000	35.000	0	265.500

7.3.2 La cuenta de pérdidas y ganancias de la cadena de valor

Con la información anterior se puede generar de forma sencilla la cuenta de pérdidas y ganancias de la cadena de valor, según se muestra a continuación.



Tabla 7.2. Ejemplo de cuentas de pérdidas y ganancias por cadena de valor.

Estado de ingresos de la cadena de valor	
Ingresos	325.000
Costes de material	63.500
Costes de conversión	202.000
Beneficio / pérdida del Value Stream	59.500
Margen sobre ingresos	18%

1. Implementación del Value Stream Costing (VSC)

Para que la gestión de costes de la cadena de valor funcione eficientemente hay que poner en práctica los siguientes principios (Maskell y Baggaley, 2003):

1. Los informes necesariamente deben ser por cadena de valor, no por departamentos.
2. Las personas deben estar asignadas a cadenas de valor con muy poco o, mejor, sin solapamiento.
3. Debería haber pocos, o no haber, departamentos con servicios compartidos.
4. Los procesos de producción deben estar bajo control y con baja variabilidad.
5. Debe haber un seguimiento serio detallado de las situaciones fuera de control y de las excepciones como desperdicio.
6. El inventario debe estar razonablemente bajo control, ser relativamente bajo y ser consistente.

Maskell señala que en los comienzos de la gestión por cadenas de valor estos criterios pueden no cumplirse en su totalidad. A menudo, en los primeros periodos, los costes se informan por



cadena de valor pero dicha información se sigue obteniendo mediante los métodos antiguos (Maskell y Baggaley, 2003).

Por ejemplo, la empresa puede estar organizada por departamentos y las personas dentro de la propia cadena de valor están relacionadas matricialmente con la cadena de valor, mientras que todavía a nivel organizativo se reporta a un departamento. Así, la información de coste se calcula y comunica por departamento. Cuando esto ocurre, los costes de mano de obra se calculan para ella basándose en el número de personas que trabajan para la cadena de valor. A menudo las empresas usan un coste medio por persona para las diferentes categorías más que ir al complejo seguimiento de los costes específicos de cada persona.

Si una empresa está en los primeros pasos de la gestión por cadena de valor y algunas personas todavía están trabajando en más de una cadena es común que sus costes se calculen utilizando personas equivalentes. Se suele realizar mediante una estimación simple de la cantidad de tiempo que pasa en cada cadena de valor, sin hacer un seguimiento estricto del tiempo.

La introducción del VSC tiene un camino de maduración. Se introduce una vez que la empresa ha entrado en la gestión de cadenas de valor (*value stream management*). En los primeros pasos de la producción ajustada, cuando la empresa está trabajando en células locales, no hay ninguna necesidad de cambiar el sistema de gestión de costes. Una vez que se ha movido a trabajar por cadenas de valor, entonces la gestión de costes de cadena de valor se convierte en la mejor manera de recoger los costes y de informar de los beneficios de la misma.

2. Cálculo del coste del producto

Brian Maskell señala que, cuando se calculan los costes de la cadena de valor, no es necesario conocer el coste de los productos específicos para tomar decisiones en estas materias (Maskell, 2006).



Asimismo, Maskell indica que uno de los objetivos de los sistemas de costes tradicionales es el cálculo del coste de los productos de forma individual. Las razones son las siguientes:

1. Decisiones sobre el precio.
2. Márgenes de beneficios en las líneas de producto y pedidos del cliente.
3. Medidas de seguimiento de la fábrica (utilizando medidas de eficiencia, medidas de utilización, desviaciones de costes).
4. Mejora del proceso a través del análisis del coste del producto y de las desviaciones.
5. Decisiones de fabricar/comprar.
6. La racionalización de producto y cliente.
7. Valoración de inventario.

Las razones por las que no es necesario conocer el coste individual de los productos en la cadena de valor son las siguientes:

- Las decisiones de precios para organizaciones *lean* nunca se hacen con referencia al coste del producto. Dichas organizaciones se centran en el valor creado para el cliente o el mercado. Es el valor para el cliente lo que determina el precio y esto no tiene relación ninguna con el coste del producto.
- Los costes, ciertamente, no son necesarios para las medidas de seguimiento de células, cadenas de valor o de la planta en sí misma. Las medidas de seguimiento que utilizan las empresas *lean* son medidas principalmente no financieras y no hacen referencia al coste. Las medidas de seguimiento de la cadena de valor son la forma fundamental para motivar la mejora continua a través de la cadena de valor.
- Las decisiones relacionadas con fabricar o comprar se rigen según criterios de beneficio de la cadena de valor como un todo, no del producto de forma individual. La utilización del coste para determinar el estado de fabricar o comprar de un elemento es peligroso. El coste individual, casi con toda seguridad, llevará a una decisión equivocada. Si la cadena de



valor es capaz y tiene la capacidad de producir un elemento no hay ninguna razón financiera para hacer el producto fuera. El coste de hacerlo “en casa” es virtualmente cero porque el coste de las instalaciones y personas ya han sido pagados.

Por el contrario, si no hay capacidad dentro de la cadena de valor, el coste de hacerlo será el coste de los recursos adicionales para hacer el producto. Estos recursos pueden ser simplemente coste de tiempo adicional o pueden contribuir a la inversión de capital para incrementar la capacidad de producto.

- Lo mismo se aplica a decisiones tales como: racionalización, producto o cliente. No tiene ningún sentido mirar a un producto individual y su coste, debemos mirar el efecto de cambio en los beneficios de la cadena de valor. Si la familia de productos ABC se saca de la cadena de valor, ¿cómo afecta este cambio al beneficio global? Análogamente el efecto de eliminar el cliente 123 se mira para tomar esa decisión, a nivel de la cadena de valor, no a los productos individuales o al nivel del cliente.
- La introducción de nuevos productos requiere un análisis parecido de los beneficios en la cadena de valor. Si hay capacidad disponible dentro de la cadena de valor, entonces la introducción de un nuevo producto incrementará sus beneficios de la cadena de valor. La contribución son los ingresos menos los costes directos externos. Estos costes son generalmente los materiales y componentes necesarios para hacer el producto, incluyendo a veces procesamiento externo. La mano de obra o los costes de maquina no se incluyen. Si la cadena de valor no tiene suficiente capacidad disponible para hacer los productos adicionales, entonces los beneficios se calculan teniendo en cuenta las personas y las máquinas adicionales necesarias para proporcionar la capacidad adicional que se necesita. Estos cálculos se pueden hacer desde varios niveles de ventas para el nuevo producto de manera que los beneficios puedan ser calculados para diferentes volúmenes de producción.



- Los costes individuales no se necesitan para valorar el inventario, pues los inventarios son bajos y están bajo control. Cuando se introduce la filosofía *lean* en una cadena de valor el nivel de inventario cae sustancialmente y si el nivel de inventario es bajo, su valoración es mucho menos importante que cuando el inventario es alto.

7.3.3 Conclusiones

Estamos en el siguiente escenario:

- Son escasos los estudios con información cuantitativa que muestre las relaciones entre las mejoras en las medidas operacionales, tales como tiempo de ciclo, *lead time*, entregas a tiempo, etc. y las medidas financieras. La única evidencia que apoya una correlación positiva entre la adopción de prácticas *lean* y parámetros financieros está ilustrada por estudios de casos.
- La adopción de sistemas de fabricación JIT puso de manifiesto la inadecuación de los sistemas de contabilidad de costes.
- Una de las mayores dificultades que se encuentran las empresas que implementan fabricación *lean* es ligar los impactos de este sistema con la parte financiera.
- Se ha escrito mucho sobre los problemas asociados con la contabilidad de costes y la necesidad de cambio. Sin embargo, el cómo abordar estos cambios es materia de continuo debate.
- El movimiento hacia fabricación *lean* en la forma de producción celular capacita o posibilita una simplificación de la gestión de costes por producto porque es más fácil seguir más costes directamente a las células con las que están involucrados solo un producto o grupos de productos.
- No existe todavía ningún método de gestión de costes que sirva para hacer progresos hacia la producción ajustada, ya que el VSC tiene utilidad cuando la empresa ha llegado a un grado de madurez en fabricación *lean*. (Ruiz de Arbulo, 2005).

Un método de gestión de costes en empresas que avanzan hacia la producción lean

Este capítulo trata de responder a la pregunta ¿qué tipo de sistema de contabilidad de gestión hará que los gestores hagamos siempre lo correcto desde el punto de vista *lean*? y desarrollar una metodología de cálculo que refleje los cambios en el coste cuando la empresa camina hacia un entorno de producción mucho más eficiente y competitivo.

La metodología propuesta (Ruiz de Arbulo, 2005) se basa en el modelo de costes ABC (*Activity Based Costing*), utiliza índices técnicos para las partidas de gasto de las actividades (Baguer, 1996) y se integra con las metodologías actuales de implantación eficiente de procesos de producción, que están en línea con la producción ajustada.

El modelo de gestión de costes que se plantea cumple el objetivo de reflejar los cambios que se den en la empresa, cuando ésta camina hacia un entorno ajustado o *lean*. El modelo refleja:

- Los cambios en la distribución en planta.
- Los cambios en los medios de manutención entre operaciones.
- La reducción del tamaño de los lotes de proceso al de los correspondientes pedidos de forma que no se produzca para *stock*.



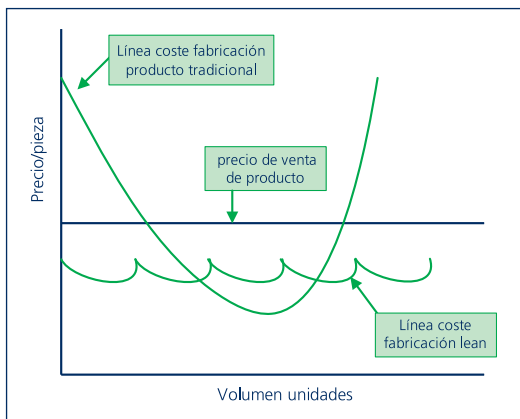
- La reducción de los lotes de transferencia.
- Cualquier otro cambio que lleve a la empresa a una producción más ajustada.

8.1 Premisas de la metodología

8.1.1 Eliminación del concepto de economía de escala

La primera premisa que se hace en la metodología propuesta es que el coste del producto en una empresa que camina hacia un entorno *lean* debe ser igual para cualquier cantidad de volumen. Esto supone desechar la filosofía de las economías de escala existente a lo largo de todo el siglo XX en las empresas y que todavía persiste. Gráficamente, significa pasar de la curva de las economías de escala a la línea de fabricación *lean* donde el coste del producto es constante a cualquier volumen (Figura 8.1).

Figura 8.1. Costes fabricación *lean* versus fabricación tradicional.





La producción por lotes es el resultado de las economías de escala. Con el objetivo de mantener costes bajos, los gestores empujan a través de los departamentos los distintos productos y crean un entorno de velocidad y crecimiento en la salida o en el *output*. Estos directivos necesitan incrementar el *output* para que más producto absorba los gastos generales totales. Esta es la ilusión de reducir los costes de todos directivos.

Esta mentalidad está tan arraigada en las empresas que, incluso fabricando en un entorno celular, los directivos están insistiendo a su gente en que reduzcan los costes. El mensaje que les transmiten es: *“Necesitamos más proyectos de reducción de costes”*.

Esta petición de producir más para disminuir los costes por unidad crea un círculo vicioso que confunde al personal de producción.

“Las empresas creen que el coste total es la suma de los costes individuales en cada fase de producción, por tanto la estrategia para alcanzar un coste total mínimo será producir tantas salida como sea posible en cada una de las secciones de la organización para que los costes parciales sean mínimos y, por lo tanto, el coste total.” (Johnson, 2002 y 2003)

Una consecuencia inevitable (y sobre la que generalmente se pasa por encima) es que esta estrategia de minimización de costes requiere que la empresa produzca cada vez más y más productos en cada periodo. Esta mentalidad de velocidad y volumen crea sobreproducción, y como ya hemos visto, esto es despilfarro.

De todo lo anterior se puede concluir que la sobreproducción es simplemente una manifestación de las economías de escala.

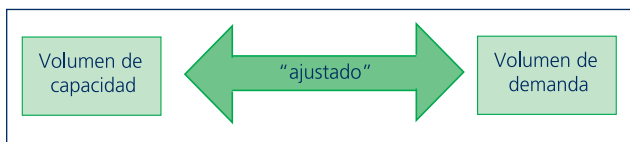


8.1.2 Tamaño correcto de recursos

En las empresas existen economías de escala porque los recursos necesarios no están ajustados correctamente para fabricar los productos que el mercado demanda efectivamente. Si los recursos están sobredimensionados, las empresas intentarán producir mayor cantidad de la demandada para que el coste unitario de fabricación sea menor. Como ya se ha explicado a lo largo de este libro, esto producirá sobreproducción y todas las consecuencias que conlleva.

Por lo tanto, lo primero que se debe hacer es dimensionar correctamente los recursos, de acuerdo con la demanda.

Figura 8.2. Volumen de capacidad ajustado al volumen de demanda.



Si hacemos un recorrido por los recursos, observaremos que algunos de ellos tienen concepto de coste fijo, tal como las amortizaciones de las instalaciones y el coste de los operarios, y otros son costes variables, tales como los suministros (agua, luz, gas,...) y cualquier materia que utilicen las instalaciones y sea de consumo variable.

El problema está en aquellos que tienen concepto de coste fijo. Lo que se debe hacer es dimensionarlos adecuadamente, utilizando el *takt time* (TT).

El TT es el parámetro fundamental de los sistemas *lean*. Si la demanda disminuye, el TT debe aumentar para evitar la sobreproducción. Como ya se ha dicho el TT indica la velocidad a la que debe producir la empresa.



$$\pi_k = \frac{T}{q_k} \quad (5)$$

Donde:

π : *takt time*.

T : tiempo total con el que se cuenta en un horizonte de tiempo.

q_k : cantidad demandada en dicho horizonte de tiempo.

En resumen, se deben seguir las siguientes pautas:

- **Maquinaria.** Las máquinas se deberán comprar de acuerdo al *takt time*, de tal forma que no lo superen, porque si no se producirá sobreproducción.

Para que no se produzca exceso de capacidad, una buena estrategia es comprar maquinaria pequeña, de tal forma que, si se incrementa la demanda, se añadirán nuevos equipos a medida que sean necesarios para ajustarse a ella.

Esto genera muchas ventajas al ser constante el coste por unidad. Los costes de equipamiento pueden hacerse en versiones incrementales más pequeñas. Con un equipamiento de tamaño correcto se hace mucho más fácil invertir capital incrementalmente por aumentos de volumen en la demanda en lugar de realizar una importante inversión inicial de capital para cubrir la expectativas que no siempre coinciden con el volumen final estimado en el proyecto.

Con esta práctica de inversiones incrementales de capital, si no se alcanzan los volúmenes de demanda crecientes debido a cambios en el mercado, se habrá ahorrado el capital.

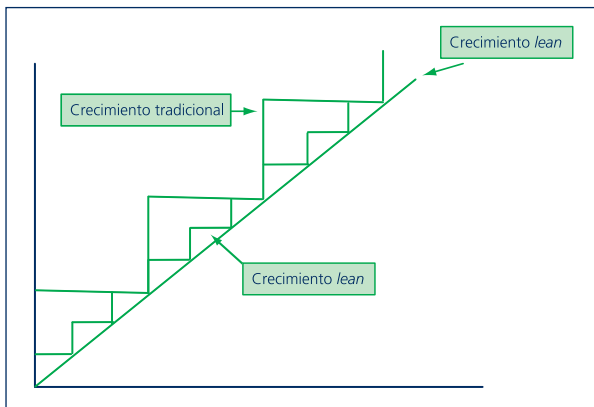
Por otra parte, si la demanda no alcanza la cantidad que se había estimado y, de hecho, lo que hace es decrecer, entonces el capital perdido también será menor.

En resumen, las nuevas inversiones por cambios de demanda serán pequeñas y no habrá que invertir grandes cantidades ante pequeños cambios en la demanda.



La Figura 8.3 muestra una representación de estas afirmaciones:

Figura 8.3. Crecimiento *lean* versus crecimiento tradicional.



- **Número de operarios.** Serán los necesarios de acuerdo al *takt time*, que será la cantidad mínima de operarios para fabricar la producción demandada.

En los entornos *lean*, donde la distribución por excelencia es la celular, éstas permiten aumentar o disminuir personas en función de la demanda.

Para obtener el número de operarios necesarios, se calcula primero el tiempo de proceso y se divide entre el *takt time*.

$$n = \frac{t_p}{TT} \quad (6)$$

Donde:

n : número de operarios necesarios.

t_p : tiempo de proceso.

TT : *takt time*.



Normalmente el número n obtenido, no será entero por lo que para obtener el número de operarios se ajustará al número entero inmediatamente superior.

- **Suministros** (gas, electricidad, agua, etc.). Al ser todos ellos costes variables no plantean ningún problema y se imputará a los productos el consumo efectivo de cada uno de ellos.
- **Soporte** (mantenimiento, ingeniería, etc.). Esta función debe estar adecuadamente dimensionada.

El mantenimiento puede ser más difícil de ajustar en tamaño, porque sus necesidades se basan en cantidad de equipamiento, fiabilidad y tecnología. Los requisitos y tiempos de formación y entrenamiento y los tiempos de ejecución pueden ser difíciles de dimensionar. Un punto importante es que puede ser difícil pero no es imposible, con tiempo y experiencia se puede llegar a lograr el mantenimiento del tamaño correcto.

La implantación de un sistema TPM puede ser básico ya que entonces los operarios de la línea de fabricación acometen una gran cantidad de mantenimiento. Esto pondrá el coste de mantenimiento directamente en la pieza sin necesidad de tener ningún tipo de seguimiento o recursos a los que haya que asignar costes.

Implementando los conceptos anteriores, el reto de conseguir que todas las piezas tengan el mismo coste a cualquier volumen puede estar más cercano a la realidad. Por supuesto, esto supone un recorrido largo dentro de la empresa.

8.2 Metodología propuesta

La metodología propuesta tiene en cuenta las siguientes partidas de costes:

1. Coste de materias primas y componentes (Cmp).
2. Coste de las actividades que añaden valor al producto (Cva).
3. Costes de transporte interno (Ctran).



4. Costes de preparaciones (Cprep).
5. Coste de defectos (Cdef).
6. Costes de *stocks* en curso (Cstock).
7. Coste de esperas en procesos (Cesp).

La metodología propuesta cuantifica los costes de tiempos espera y los costes de *stocks* de tal forma que mejoras en la eficiencia del proceso productivo se vean reflejadas en el coste del producto. El coste de estos aspectos habitualmente se suelen ignorar o infravalorarse y es muy importante tenerlos en cuenta, porque en procesos poco eficientes los *stocks* en proceso y los tiempos de espera de las instalaciones suelen esconder importantes deficiencias.

Respecto a las magnitudes que se analizan en el proceso productivo, para ver si ha mejorado su eficiencia son: tiempo ciclo proceso, *lead time* total, *lead* primera pieza, *lead time* última pieza, tiempo de espera, *stock* medio y productividad. (Cuatrecasas, 2006).

8.3 Etapas de la metodología de gestión de costes

Como se ha visto en el Capítulo 4, cuando una empresa cambia su forma de trabajar por “lotes” a trabajar en lotes muy pequeños o de unidad en unidad y, además, realiza cambios en su *layout* hacia una distribución lineal, las magnitudes clave de su proceso productivo (*lead time*, *stock* en proceso, transporte, espacio necesario, etc.) mejoran sustancialmente.

La magnitud que siempre suele crear discusiones son los costes ya que a la empresa siempre le queda la duda de si con este cambio de producir en lotes unitarios el coste será menor. Esto es debido a que las plantas productivas tradicionales siempre



han argumentado que la única forma de reducir los costes es produciendo a gran escala y, por lo tanto, en grandes lotes.

Desde un punto de vista de cálculo de costes clásico esto podría parecer cierto si sólo tenemos en cuenta las operaciones productivas de forma individual. A nadie se le escapa que el coste de preparación por unidad de producto es bajo cuando los tamaños de lotes son grandes.

En cambio si el método de costes contempla los costes de todos los transportes internos que se producen cuando la empresa opera en grandes lotes y con puestos separados, si contempla el coste de tener importante *stocks* en curso, los costes de tiempos de espera, si tiene en cuenta el coste de utilización de espacio y si tiene en cuenta los costes de no calidad puede resultar que el coste de fabricar en grandes lotes no es tan interesante como se creía en principio. Por supuesto, sin tener en cuenta su largo *lead time*, su baja calidad, etc. respecto a un sistema *lean*.

Por lo tanto, la metodología propuesta pasa por tener en cuenta todos esos aspectos.

Expuestas las líneas básicas que debe tener el modelo de gestión de costes, pasamos a desarrollar la metodología.

Etapa 1. Análisis de los procesos o actividades

En este apartado se pretende tener una visión global de los procesos. Resulta obvio que es bastante difícil describir las actividades sin un conocimiento previo de los procesos.

A partir de este análisis, se realizará un listado de todas las actividades que constituyen el flujo de valor clasificándolas en:

- Actividades que añaden valor al producto, normalmente en una empresa industrial son las actividades de transformación.
- Actividades que no agregan valor al producto, pero que son necesarias. Por ejemplo, preparación de equipos, planificación y control de producción, etc.
- Despilfarros o desperdicios: actividades que no añaden valor al producto y que no son necesarios.



Etapla 2. Determinación de los inductores de coste

Para cada actividad se definirá un inductor de coste. Asimismo para los conceptos de gasto fijo se determinará el número de inductores óptimo.

Etapla 3. Conceptos de gasto en las actividades

En este apartado se detallan los distintos conceptos de gastos que se consumen en las distintas actividades.

A continuación se enumeran las más importantes:

1. **Materias de consumo:** son aquellas que consumen las actividades para su fin productivo. Pueden ser principales o secundarias.
2. **Energías:** se refiere a las distintas energías consumidas por las actividades.
3. **Amortización de la maquinaria.**

Etapla 4. Índices técnicos de consumo de los conceptos de gasto en las actividades y coste de dichos conceptos de gasto por inductor

Para cada concepto de gastos se cuantificará el índice técnico de cada de ellos respecto al inductor de la actividad.

En el modelo propuesto se han considerado los siguientes conceptos de gastos:

- Mano de obra.
- Consumo de materias principales.
- Consumo de materias secundarias.
- Energía eléctrica.
- Amortización maquinaria.
- Otros consumos.

Debido a que entre los diferentes conceptos de gasto, existen gastos variables y gastos fijos, su tratamiento será diferente.



Respecto al coste por inductor para un gasto variable no presenta mayor dificultad que su medición y, por tanto, el coste de ese gasto por inductor se calculará multiplicando el índice de consumo por el precio unitario del concepto de gasto.

Coste gasto i por inductor = Índice consumo x precio unitario del concepto de gasto

En cambio, si el concepto de gasto es la amortización, el coste de amortización por inductor se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Coste gasto amortización por inductor} = \frac{\text{coste de amortización en el período } t}{\text{número de inductores óptimos en el período } t} \quad (7)$$

Al dividir entre el número de inductores óptimos y no los reales, el coste del producto no fluctúa y la diferencia será un coste de subactividad.

Asimismo, en el concepto de mano de obra, a la hora de calcular su precio por hora se debe dividir el coste de cada nivel entre el número de horas-convenio restando tiempos de no trabajo y absentismo.

Como criterio general las partidas de gastos de mano de obra y amortización de maquinarias serán costes fijos.

Así, para calcular el coste de amortización por inductor se aplicará la siguiente fórmula:

$$P_i = CT_i / I_i$$

Donde:

CT_i : coste total del gasto fijo i anual.

I_j : inductores óptimos de la actividad j anuales.



La Tabla 8.1 muestra un ejemplo de determinación de los índices técnicos para cada concepto de gasto.

Tabla 8.1. Coste inductor.

Coste del inductor del proceso					
Código proceso	Denominación proceso	UI	I. Óptimos	I. Previstos	Subproceso
MONT-PUESTO2	MONT-PUESTO2	HM	200,00		

Concepto de consumo	Unidades por inductor		Precio	Importe por inductor
	UC			
Mano de obra				
Mano de obra		1,00	50,00	50,00
Materias principales				
Mprinc1		5,00	10,00	50,00
Mprinc2		5,00	5,00	25,00
Materias secundarias				0,00
Energía eléctrica				0,00
Amortización maquinaria		1,00	50,00	50,00
Amortización utillaje				0,00
Mantenimiento maquinaria				0,00
Mantenimiento utillajes				0,00
Servicios				0,00
Otros consumos				0,00
Total coste del inductor				175,00



Etapla 5. Coste de las de las materias primas y componentes por unidad (Cmp)

Para el cálculo del coste total de materia primas y componentes por unidad de producto se aplicará la siguiente expresión:

$$Cmp_j = \sum_{o=1}^p [Ump_{oj} * Kd * Km * PC_o] \quad (8)$$

Donde:

Ump_{oj}: número de unidades teóricas de la materia prima o por cada unidad fabricada de producto *j*.

kd: coeficiente de defectivo que afectan a la materia prima o componente.

km: coeficiente de merma que afecta a la materia prima.

PC_o: precio de compra de la materia prima *o*, incluyendo todos los gastos necesarios hasta su puesta en almacén.

Utilizaremos la siguiente tabla para realizar el cálculo:

Tabla 8.2. Coste materias primas.

Materias primas/conjuntos incorporables/semielaborados							
Código	Denominación	UN	PCo	Umpop	Km	kd	Cmp
A							
B							
C							
D							
E							
Total materias primas							



Etapla 6. Coste de las actividades que añaden valor al producto (Cva), costes de transporte interno (Ctran), coste preparaciones (Cprep) y coste de defectos (Cdef)

De acuerdo con la Etapa 1 y habiendo definido los distintos tipos de actividades procederemos al cálculo de su coste, aplicando las siguientes expresiones:

- Coste de las actividades que añaden valor al producto (Cva):

$$Cva_j = \sum_{i=1}^n [N_{ij} * CI_i] \quad (9)$$

Donde:

N_{ij} : número de inductores que consume de la actividad i que consume el producto j en dicha operación.

CI_i : coste inductor de la actividad i .

- Coste de transporte interno (Ctran):

$$CTransporte_j = \sum_{t=1}^W (N_{tj} * CI_t) \quad (10)$$

Donde:

N_{tj} : número de inductores que consume las actividades t (de transporte) que consume el producto j en dicha operación.

CI_t : coste inductor de la actividad de transporte t .

- Coste de preparaciones (Cprep):

$$Cprep_j = \sum_{u=1}^X [N_{uj} * CI_u] \quad (11)$$

Donde:

N_{uj} : número de inductores que consume las actividades u (de preparación) que consume el producto j en dicha operación.

CI_u : Coste inductor de la actividad de preparación.

- Coste de defectos (Cdef):

$$C_{def_j} = \sum_{i=1}^n (Cl_i * Nl_{ij} * Kd) - \sum_{i=1}^n (Cl_i * Nl_i) \quad (12)$$

Donde:

Cl_i : coste inductor de la actividad i .

N_{ij} : número de inductores que consume de la actividad i que consume el producto j en dicha operación.

K_d : coeficiente de defectos que afectan al material o componente.

Utilizaremos la siguiente tabla para realizar el cálculo:

Tabla 8.3. Cálculo del coste de actividades producto.

[illegible]



Etapa 7. Costes de stocks en curso (Cstock)

Un elemento de suma importancia es el coste derivado del mantenimiento de *stock*.

Para su cálculo aplicaremos la siguiente expresión:

- Coste de *stocks* en curso:

$$C_{inv_j} = \sum_{r=1}^S [CWIP_r * UnWIP_r * \% \text{ coste}] \quad (12)$$

Donde:

C_{inv_j} : Coste inventario de la producción en curso correspondiente al producto j .

$CWIP_r$: Costes del producto en curso s .

$UnWIP_r$: Unidades de producto en curso s correspondiente al producto j .

$\% \text{ coste}$: porcentaje de coste imputable como coste de inventario.

El $\% \text{ coste}$ se calcula como un porcentaje del precio de coste del producto y a falta de cálculos más rigurosos se puede aproximar dividiendo el coste anual de almacén (amortizaciones de instalaciones, personal y otros consumos) entre el valor del inventario medio mantenido.

Etapa 8. Coste de esperas en procesos (Cesp)

Por último, debemos destacar que no sólo es negativo el que haya *stock* esperando a ser procesado, sino que es incluso peor que las instalaciones estén parcialmente paradas debido a que hayan terminado antes que el proceso anterior (a causa de la falta de equilibrado entre procesos, por ejemplo).

Este coste de las instalaciones desocupadas se denomina coste de espera, a nivel de costes, generalmente no se tiene en cuenta.



Para su cálculo aplicaremos la siguiente expresión:

C_{esp} (por unidad del producto j) =

$$\sum_{i=1}^n [tesp_{ij} \times CIFI] / [\text{unidades fabricadas } j] \quad (14)$$

Donde:

$tesp_{ij}$: tiempo espera en la actividad i de todas las unidades del producto j .

$CIFI$: costes fijos de la actividad i .

Unidades fabricadas j : número unidades fabricadas del producto j .

Aplicación a un caso

A continuación se va a analizar cuáles son los costes del caso del Capítulo 4 para cada una de sus etapas aplicando la metodología expuesta en el Capítulo 8.

9.1 Cálculo de costes de la situación inicial

Recordemos que en la situación inicial trabaja por lotes y tiene una distribución por talleres.

Etapas 1. Análisis de los procesos o actividades

Analizando el proceso productivo podemos clasificar los siguientes tipos de actividades:

- Actividades con valor añadido: corte y estampado chapas, embutición y punzonado, soldadura, enmasillado, engastado y soldadura final.
- Actividades con valor añadido: todas las actividades de carga y descarga.
- Actividades con valor añadido: transporte entre procesos.

Etapas 2. Determinación de los inductores de coste para cada una de las actividades

En la Tabla 9.1 se han definido todas las actividades así como los inductores de cada una de ellas.



Tabla 9.1. Definición de las actividades e inductores.

Centro de trabajo	Descripción actividad	Inductores
Corte y estampado	Llevar chapas a proceso corte y estampado	HO
	Corte y estampado chapas	HM
	Llevar piezas a embutición punzonado	HO
Embutición y punzonado	Carga a la prensa	HO
	Embutición y punzonado	HM
	Descarga de la prensa	HO
	Llevar piezas a soldadura	HO
Soldadura	Carga y fijación a soldadura	HO
	Soldadura	HM
	Descarga	HO
	Llevar piezas a enmasillado	HM
Enmasillado	Carga a enmasillado	HM
	Enmasillado	HO
	Descarga	HO
	Llevar piezas a soldadura y engastado	HO
Soldadura y engastado	Carga	HO
	Engastado	HM
	Soldadura	HM
	Descarga	HO
	Llevar a almacén	HO



Etapas 3 y 4. Índices técnicos de consumo de los conceptos de gasto en las actividades y coste de dichos conceptos de gasto por inductor

Para cada concepto de gastos se ha cuantificado un índice técnico respecto al inductor de la actividad. Respecto a los conceptos de gastos que tienen el carácter de fijos, como pueden ser las amortizaciones, se ha definido un nivel de actividad normal (200 horas) de tal forma que si no se alcanza dicho nivel no afecta al coste del producto y se lleva como coste de subactividad.

Para mayor claridad, se presenta en la Tabla 9.2 el desglose de los índices técnicos para la actividad Soldadura. El coste de los inductores que son los utilizados en el cálculo del coste del producto se muestran también en la Tabla 9.3.

Tabla 9.2. Índices técnicos para la actividad soldadura.

Código	Denominación	UN	I. óptimos	I. previstos	Subproceso
Soldadura		HM	200,00		1

Concepto de consumo	UC	Unidades por inductor	Precio	Importe por inductor
Mano de obra				
Mano de obra		1,00	50,00	50,00
Materias principales				
Mprinc1		5,00	10,00	50,00
Mprinc2		5,00	5,00	25,00
Materias secundarias				0,00
Energía eléctrica				0,00
Amortización maquinaria		1,00	50,00	50,00
Amortización utillaje				0.00

Continúa



Concepto de consumo	Unidades por UC	Inductor	Precio	Importe por inductor
Mantenimiento maquinaria				0,00
Mantenimiento utillajes				0,00
Servicios				0,00
Otros consumos				0,00
Total coste del inductor				175,00

Tabla 9.3. Coste inductores por actividad.

Actividades	Productiva	No productiva			Tiempo no utilizado
		Movimientos de materiales	Esperas	Otros	
Corte y estampado	150,00	100,00	100,00	0,00	100,00
Embutición y punzonado	175,00	100,00	100,00	0,00	100,00
Soldadura	175,00	100,00	100,00	0,00	100,00
Enmasillado	175,00	100,00	100,00	0,00	100,00
Engastado	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00

Etapas 5, 6 y 8. Coste de las de las materias primas y componentes por unidad (Cmp). Coste de las actividades que añaden valor al producto (Cva), costes de transporte interno (Ctran), coste preparaciones (Cprep), coste de defectos (Cdef) y coste de esperas en procesos (Cesp)

A continuación procedemos a calcular el coste de las etapas 5, 6 y 8.

**Tabla 9.4.** Coste del producto.

Materias primas/conjuntos incorporables/semielaborados								
Código	Denominación	UN	PC		Umpop	Km	Kd	Cmp
A	Panel interior	un.	20,00		1	1	1	20,00
B	Panel exterior	un.	20,00		1	1	1	20,00
C	Cruceta	un.	10,00		2	1	1	20,00
D	Barra de seguridad	un.	10,00		1	1	1	10,00
E	Soporte motor limpia	un.	10,00		1	1	1	10,00
Total materias primas								80,00
Costes de actividades en centros								
Código	Denominación	Inductor	Coste Inductor (1)	Tiempo (s) (2)	N_i / N_u (3)	Kd (4)	l'/UF (5) = (3) x (4)	Cfact (6) = (1) x (5)
	Llevar chapas a proceso de corte y estampado	HO	100	100	0,0006	1	0,0006	0,0556
	Corte y estampado chapas	HO	150	10	0,0028	1	0,0028	0,4167
	Llevar piezas a corte y estampado	HO	100	100	0,0006	1	0,0006	0,0556
	Esperas embutición							0,0194
	Embutición y punzonado	HO	175	140	0,0389	1	0,0389	6,8056
	Llevar piezas a soldadura	HO	100	100	0,0000	1	0,0006	0,0556
	Esperas soldadura							0,2167
	Soldadura de las crucetas y barras	HO	175	330	0,0917	1	0,0917	16,0417

Continúa



Costes de actividades en centros								
Código	Denominación	Inductor	Coste Inductor (1)	Tiempo (s) (2)	$N_i / N_j / N_u$ (3)	Kd (4)	I/UF (5) = (3) x (4)	Cfact (6) = (1) x (5)
	Llevar piezas a enmasillado	HO	100	100	0,0000	1	0,0006	0,0556
	Esperas enmasillado							4,1083
	Enmasillado	HO	175	200	0,0556	1	0,0556	9,7222
	Llevar piezas a soldadura y engastado	HO	100	100	0,0006	1	0,0006	0,0556
	Esperas engastado							5,9722
	Engastado y soldadura de paneles	HO	100	140	0,0389	1	0,0389	3,8889
	Llevar a almacén	HO	100	100	0,0006	1	0,0006	0,0556
Total coste de actividades en centros								47,53
Total coste de fabricación								127,53

Donde:

PC: precio de compra de la unidad de material.

Umpop: unidades de material teóricas consumidas por cada unidad fabricada.

Km: coeficientes de mermas que afectan al consumo y coste de los materiales.

Kd: coeficientes de defectuosos que afectan al consumo y coste de los materiales.

Cmp: coste de materiales por unidad de producto.

I/UF: número de inductores teóricos que consume la actividad por unidad fabricada.

Kd: coeficiente de defectuosos que afectan al consumo de inductores de la actividad.



I/UF: número de inductores reales que consume la actividad por unidad fabricada.

CFact: coste de fabricación por unidad de producto por el total de actividades.

A continuación, agrupamos los costes, en costes de materia prima, costes de actividades que añaden valor y costes de espera (Tabla 9.5).

Puede observarse que el despilfarro que más repercusión tiene en el coste es el coste de espera (un 8,0%).

Tabla 9.5. Detalle del coste del producto.

Coste materiales	80,00
Coste de actividades con valor añadido	36,88
Coste de transporte	0,33
Coste espera	10,32
Total	127,53

Etapa 7. Costes de stocks en curso

Tabla 9.6. Coste de *stocks* en curso.

	Stock medio	Coste stock en proceso	% coste semanal	Coste stock
Estampado-embutido	2.538	80,55	0,01	1.179,40
Embutido-soldadura	288	87,63	0,01	145,59
Soldadura-enmasillado	5	107,83	0,01	3,11
Enmasillado-soldadura y engastado	3	117,61	0,01	2,04
Soldadura y engastado -Expediciones	5	127,53	0,01	3,68
Coste total				1.333,81
Coste de <i>stock</i> por unidad				1,33



% coste semanal = % coste anual / 52 semanas (año) (15)

Se ha considerado un porcentaje de coste anual del 30%.

Resumen coste total producto

De acuerdo con los datos anteriores el coste total del producto es:

Tabla 9.7. Coste del producto.

Coste materiales	80,00
Coste de actividades con valor añadido	36,88
Coste de transporte	0,33
Coste <i>stocks</i>	1,33
Coste espera	10,32
Total	128,86

9.2 Cálculo de costes del producto con implantación de los procesos en flujo unitario

A continuación procederemos a calcular el coste del producto cuando se procede a implantar un unitario entre los procesos excepto con el proceso corte y estampado (véase el Capítulo 4).

Tabla 9.8. Coste del producto tras la primera etapa.

Materias primas/conjuntos incorporables/semielaborados								
Código	Denominación	UN	PC		Umpop	Km	Kd	Cmp
A	Panel interior	un.	20,00		1	1	1	20,00
B	Panel exterior	un.	20,00		1	1	1	20,00
C	Cruceta	un.	10,00		2	1	1	20,00
D	Barra de seguridad	un.	10,00		1	1	1	10,00
E	Soporte motor limpia	un.	10,00		1	1	1	10,00
Total materias primas								80,00

Continúa



Costes de actividades en centros

Código	Denominación	Inductor	Coste inductor (1)	Tiempo (s) (2)	$N_i / N_j / N_u$ (3)	Kd (4)	$I/UF (5) = (3) \times (4)$	Cfact (6) = (1) x (5)
	Llevar chapas a proceso de corte y estampado	HO	100,00	100	0,0006	1	0,0006	0,0556
	Corte chapas y estampado chapas	HO	150,00	10	0,0028	1	0,0028	0,4167
	Llevar piezas a corte y estampado	HO	100,00	100	0,0006	1	0,0006	0,0556
	Esperas embutición							0,0194
	Embutición y punzonado	HO	175,00	140	0,0389	1	0,0389	6,8056
	Llevar piezas a soldadura	HO	100,00		0,0000	1	0,0000	0,0000
	Esperas soldadura							0,0233
	Soldadura de las crucetas y barras	HO	175,00	330	0,0917	1	0,0917	16,0417
	Llevar piezas a enmasillado	HO	100,00		0,0000	1	0,0000	0,0000
	Esperas enmasillado							3,6400
	Enmasillado	HO	175,00	200	0,0556	1	0,0556	9,7222
	Llevar piezas a soldadura y engastado	HO	100,00		0,0000	1	0,0000	0,0000
	Esperas engastado							2,5356
	Engastado y soldadura de paneles	HO	100,00	140	0,0389	1	0,0389	3,8889
	Llevar a almacén	HO	100,00	100	0,0278	1	0,0278	2,7778

Total coste de actividades en centros 45,98

Total coste de fabricación 125,98



Los costes por *stock* por unidad ascienden a 0,33.

Si vemos su detalle, se observa que la implantación del proceso en flujo unitario se ha traducido en unos menores costes de espera, pero, en cambio, los costes de transporte se han incrementado. Esto es debido, a que ahora en vez de transportar el último puesto de la línea, lotes de 50 unidades, transporta lotes unitarios con el mismo tiempo (100 s), tal como se muestra en la Tabla 9.9.

Tabla 9.9. Detalle del coste del producto tras la primera etapa.

Coste materiales	80,00
Coste de actividades con valor añadido	36,88
Coste de transporte	2,89
Coste de <i>stock</i>	1,32
Coste espera	6,22
Total	127,31

9.3 Cálculo de costes del producto con implantación de los procesos en flujo unitario y equilibrados

Tabla 9.10. Coste del producto. Etapa 2.

Materias primas/conjuntos incorporables/semielaborados								
Código	Denominación	UN	PC		Umpop	Km	Kd	Cmp
A	Panel interior	un.	20,00	1	1	1	20,00	20,00
B	Panel exterior	un.	20,00	1	1	1	20,00	20,00
C	Cruceta	un.	10,00	2	1	1	20,00	20,00
D	Barra de seguridad	un.	10,00	1	1	1	10,00	10,00
E	Soporte motor limpia	un.	10,00	1	1	1	10,00	10,00
Total materias primas								80,00

Continúa



Costes de actividades en centros

Código	Denominación	Inductor	Coste inductor (1)	Tiempo (s) (2)	$N_i / N_j / N_u$ (3)	Kd (4)	I'/UF (5) = (3) x (4)	Cfact (6) = (1) x (5)
	Llevar chapas a proceso de corte y estampado	HO	100	100	0,0006	1	0,0006	0,0556
	Corte chapas y estampado chapas	HO	150	10	0,0028	1	0,0028	0,4167
	Llevar piezas a corte y estampado	HO	100	100	0,0006	1	0,0006	0,0556
	Esperas embutición							0,0194
	Embutición y punzonado	HO	175	225	0,0625	1	0,0625	10,9375
	Llevar piezas a soldadura	HO	100		0,0000	1	0,0000	0,0000
	Esperas soldadura							0,0257
	Soldadura de las crucetas y barras	HO	175	220	0,0625	1	0,0625	10,6944
	Llevar piezas a enmasillado	HO	100		0,0000	1	0,0000	0,0000
	Esperas enmasillado							0,0319
	Enmasillado	HO	175	225	0,0625	1	0,0625	10,9375
	Llevar piezas a soldadura y engastado	HO	100		0,0000	1	0,0000	0,0000
	Esperas engastado							0,0382
	Engastado y soldadura de paneles	HO	100,00	140	0,0389	1	0,0389	3,8889
	Llevar a almacén	HO	100,00	85	0,0236	1	0,0236	2,3611

Total coste de actividades en centros

39,46

Total coste de fabricación

119,46



Los costes de *stock* por unidad asciende a 1,18.

Respecto al coste total por unidad (Tabla 9.11) ha pasado de 127,31 € a 119,71 €.

Tabla 9.11. Detalle del coste del producto tras la segunda etapa.

Coste materiales	80,00
Coste de actividades con valor añadido	37,12
Coste de transporte	2,47
Coste de <i>stock</i>	1,18
Coste espera	0,12
Total	120,89

Si vemos su detalle, se observa que implantación del proceso en flujo unitario y con los procesos balanceados se ha traducido en unos menores costes de espera y en unos menores costes de *stocks*. En estos momentos todavía quedan cosas por mejorar como el transporte interno.

Para finalizar esta evaluación debemos señalar que existe otro ahorro importante cuando se opera con gestión *lean* que es el ahorro del espacio ocupado.

El lector ha recorrido en los capítulos de este libro el camino que parte del cuestionamiento de los métodos de gestión de la producción tradicionales.

Justificada la necesidad de cambio en la gestión de los sistemas productivos, surge esta necesidad de los sistemas de gestión de costes, de modo que estos no entren en contradicción con los sistemas más avanzados en gestión de la producción (*lean*) y, aún más, contribuyan a sacar a la luz los resultados financieros de las mejoras implantadas.



La bibliografía que se ofrece al final del libro incluye todas las obras citadas a lo largo de él. El lector que se haya sentido atraído por algún tema y desee profundizar en él dispone de amplias referencias para hacerlo.

