

Value Stream Mapping para el rediseño de procesos. Aplicación a un proveedor del sector del automóvil

M^a Victoria de la Fuente ¹, Lorenzo Ros¹

¹ Grupo de Investigación “Gestión e Ingeniería de Organización”. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Universidad Politécnica de Cartagena. C/Dr. Fleming s/n, 30202Cartagena
Marivi.fuente@upct.es; Lorenzo.ros@upct.es

Resumen

El principal propósito de este trabajo ha sido determinar la aplicabilidad de la técnica VSM en una empresa del sector de la automoción, al tratarse de un sector con gran exigencia hacia sus proveedores, de una gran variabilidad de la demanda por parte de los clientes, obligando a que los sistemas productivos de estas empresas requieran de flexibilidad suficiente que soporte el aumento de la carga de trabajo y no provoque demoras en la entrega de los pedidos. La aplicación del VSM ha logrado alrededor del 80% del cumplimiento de la planificación inicial, alcanzando mejoras cuantificables (hasta un máximo del 70%) relativas al desempeño productivo tras abordar las dificultades del entorno productivo analizado y sus problemas logísticos asociados.

Palabras clave: Value Stream Mapping, producción ajustada, rediseño de procesos

1. Introducción

Las empresas manufactureras se encuentran ante la necesidad de replantear y rediseñar sus sistemas productivos al objeto de alcanzar la competitividad con la que afrontar los retos de los mercados actuales. Es necesario por tanto, disponer de herramientas prácticas que apoyen el proceso de rediseño de sus sistemas productivos (Shah y Ward, 2003; European Commission, 2004).

El sector de la automoción es un sector de una gran exigencia hacia sus proveedores. Además hay que tener en cuenta la variabilidad de la demanda a la que se ve sometida por parte de sus clientes, que obliga a que sus sistemas productivos requieran de la flexibilidad suficiente.

Dicha variabilidad de la demanda trae consigo un aumento importante de la carga de trabajo que en ocasiones provoca demoras en la entrega de los pedidos (Serrano et al., 2005; Ruiz de Arbulo y Díaz de Basurto, 2008). Esta situación obliga a las empresas proveedoras del sector del automóvil a optimizar la gestión de sus recursos productivos. El trabajo presentado, enmarcado dentro de un proyecto de rediseño del proceso de pedido-entrega de los productos, se centra en el análisis de los procesos de fabricación, para la reducción y fijación de tiempos de producción de matrices o estampas mediante la técnica del Value Stream Mapping y los principios del Lean Production (Cuatrecasas, 2006; Hicks, 2007; Holweg, 2007; Shah y Ward, 2007; Mo, 2009).

2. El Value Stream Mapping

El Value Stream Mapping (VSM) es una técnica desarrollada al amparo del modelo de la producción ajustada, cuyo firme propósito es un riguroso proceso de calidad mediante la eliminación de todo despilfarro, y en el que la producción fluye sin dificultades por los procesos, con mínimo inventario de componentes y productos en curso, sin paradas por

problemas en la maquinaria y cero defectos en los productos acabados. La aplicación del VSM se realiza con fines de apoyar a las empresas manufactureras en el proceso de rediseño de sus entornos productivos, buscando mejorar la agilidad y capacidad de respuesta de las empresas, y de cara a desarrollar cadenas de valor más competitivas, eficientes y flexibles con las que afrontar las dificultades de la economía actual (Womack y Jones, 1994; Rother y Shook, 1998; Sullivan et al., 2002; LERC, 2004; Melton, 2005; Shah y Ward, 2007; Mo, 2009).

El propósito del VSM es visualizar el flujo del proceso que sigue una familia de productos desde los proveedores hasta los clientes, así como el flujo de información desde los clientes a los proveedores de materias primas, mediante pautas establecidas.

Una vez que la empresa traza el VSM de su situación actual (mapa VSM actual) y reconoce las áreas de desperdicio o despilfarro, el siguiente paso (elemento clave del VSM) es identificar las oportunidades de mejora, generando el también denominado mapa VSM futuro. Aplicando la metodología propuesta por los autores del VSM (Rother y Shook, 1998; Tapping et al., 2000; Duggan, 2002), las etapas principales de un proyecto de desarrollo de la técnica VSM se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Elección de una familia de productos
- Mapeado de la situación inicial o actual
- Mapeado de la situación futura
- Definición de un plan de trabajo
- Implantación del plan de trabajo

El desarrollo de dichas etapas se realizará por parte de un equipo creado para tal fin, en el cual la figura del especialista en Producción Ajustada apoyará en la labor de detectar los despilfarros e introducir las prácticas apropiadas para actuar ante las causas de las ineficiencias.

3. Estrategia competitiva de la empresa

Los comienzos de la empresa se basaron en la matricería, pasando posteriormente a desempeñar también actividades de fabricación de piezas metálicas mediante estampación en frío, pertenecientes en su gran mayoría al sector del automóvil. En la actualidad la empresa se dedica al diseño y fabricación de matrices, aunque también lleva a cabo procesos de estampación en prensa, embutición y corte de piezas metálicas.

La estrategia competitiva que sigue la empresa se basa en la diferenciación, centrada en dos aspectos: la dificultad, implícita, existente en la fabricación de matrices, y la rapidez en el servicio de fabricación de las piezas. Con estos dos servicios la empresa busca diferenciarse de sus competidores más directos y cercanos, al tiempo que ayuda a que los clientes confíen los pedidos que presenten estas dos características a la empresa, estableciendo un alto nivel en la relación calidad-precio de sus productos.

El análisis del sector en el que se mueve la empresa a nivel local, nacional e internacional ha permitido valorar su entorno competitivo, determinando sus principales amenazas y oportunidades en el mercado. La pequeña y mediana empresa de mecanizado debe exponerse a las intensas fuerzas de la competencia (competidores ya establecidos en el sector, posibles nuevos competidores, poder de negociación de los proveedores y de los clientes) pero ha de estar dispuesta a orientarlas a su favor, y potenciar al máximo las capacidades internas y las oportunidades del entorno (ver tabla 1).

Tabla 1. Fortalezas y oportunidades de la empresa

Capacidades internas	<ul style="list-style-type: none">- Incorporación contante de nuevas tecnologías- Gran calidad y precisión en sus productos- Confianza y atención en servicio al cliente- Maquinaria especializada (electroerosión, matricería, estampación, ...)- No necesidad de subcontratación
Oportunidades del entorno	<ul style="list-style-type: none">- Descubrimiento y participación en nuevos mercados- Fabricación de piezas de alta precisión- Incorporación de nueva maquinaria para fabricación en pequeñas series.

4. Propósito de la investigación

El VSM se percibe como una herramienta práctica para el diseño y creación de entornos productivos flexibles y eficientes. No obstante, se ha detectado escasa bibliografía que estudie detalladamente la aplicabilidad y potencialidad del VSM en diferentes entornos fabriles de producción: fortalezas y debilidades la formación requerida, recursos necesarios, y posibilidades de combinación y adaptación con otras técnicas productivas.

El principal propósito de este trabajo ha sido determinar la aplicabilidad de la técnica VSM en una empresa del sector de la automoción, al tratarse de un sector con gran exigencia hacia sus proveedores, de una gran variabilidad de la demanda por parte de los clientes, obligando a que los sistemas productivos de estas empresas requieran de flexibilidad suficiente que soporte el aumento de la carga de trabajo y no provoque demoras en la entrega de los pedidos.

En este sentido, el trabajo que se presenta, enmarcado dentro del análisis y rediseño del proceso de pedido-entrega de los productos, se centra en la reducción y fijación de tiempos de producción de matrices o estampas, uno de los procesos con gran influencia en el periodo de maduración y plazo de entrega de las piezas. Dicho proceso de fabricación parte de bloques rectangulares o cilíndricos de acero que se van mecanizando por arranque de viruta hasta conformar el componente requerido, para posteriormente montarlo en el conjunto matriz, con el que finalmente se fabricarán las tapaderas demandadas por el cliente.

4.1. Elección de la familia de productos

En la puesta en práctica del VSM es necesario focalizar el proceso de mapeado en una única familia de productos en el marco de la planta productiva. La empresa ha elegido para el desarrollo del proyecto la matriz que fabrica las piezas “tapaderas exteriores de tubo de escape”. La matriz, encargada por una empresa de automoción, ha sido diseñada y construida para la producción de piezas (cinco piezas diferentes) para cinco modelos de coche. La selección de esta matriz y el rediseño de los procesos de fabricación asociados a ella supone un proceso de gran envergadura para la empresa no solo por presupuesto, sino también por la cantidad de trabajo y dificultad del mismo.

Se trata de una matriz progresiva (por partes) compuesta por cuatro casetes, donde cada uno desarrolla funciones distintas en la matriz. La matriz permite fabricar cinco tapaderas diferentes debido a que unos casetes (1 y 4) son fijos y otros casetes (2 y 3) son intercambiables. La función que desarrolla cada casete en la matriz es:

- *casete (1) cortador de desarrollo*: corta la pieza embutiéndola para darle forma.

- *casete (2) embutidor*: da forma exterior (única) e interior (hasta 5 diferentes).
- *casete (3) abocardador y embutidor*: cala los agujeros internos de la pieza (5 diferentes).
- *casete (4) cortador descarnador*: separa definitivamente la pieza de la chapa.

La matriz en conjunto está compuesta por 72 piezas (marcas) distintas, que componen los cuatro casetes y una serie de componentes como piezas base de cualquier matriz, así como los datos necesarios para su fabricación (ver ejemplo en tabla 2).

Tabla 2. Marcas del casete cortador de desarrollo.

MARCA	FRESADORA	TORNO	ELECTRO. HILO	T. TÉRMICO	RECTIF.	TIEMPO TOTAL (hr)
47	6,45					6,45
48	4,97		6,5	48	0,5	59,97
49	9,11			48	0,5	57,61
50	7,93					7,93
51	10,15		8	48	0,5	66,65
52	3,9					3,9
53	3,34					3,34
54	5,98			48	0,5	54,48
55		1,13		48		49,13
56		1,2		48		49,2

4.2. Mapeo o cartografiado del estado inicial

El mapeo de la situación inicial de la matriz se ha realizado mediante el diseño del mapa de los componentes generales (figura 1) y mapas para cada uno de los casetes o elementos que componen la matriz, definiendo así las rutas (figura 4, en anexo) que siguen cada uno de estos componentes por las máquinas donde se han ido fabricando (torno, fresadora, electroerosión por hilo, rectificadora, y tratamientos térmicos especiales).

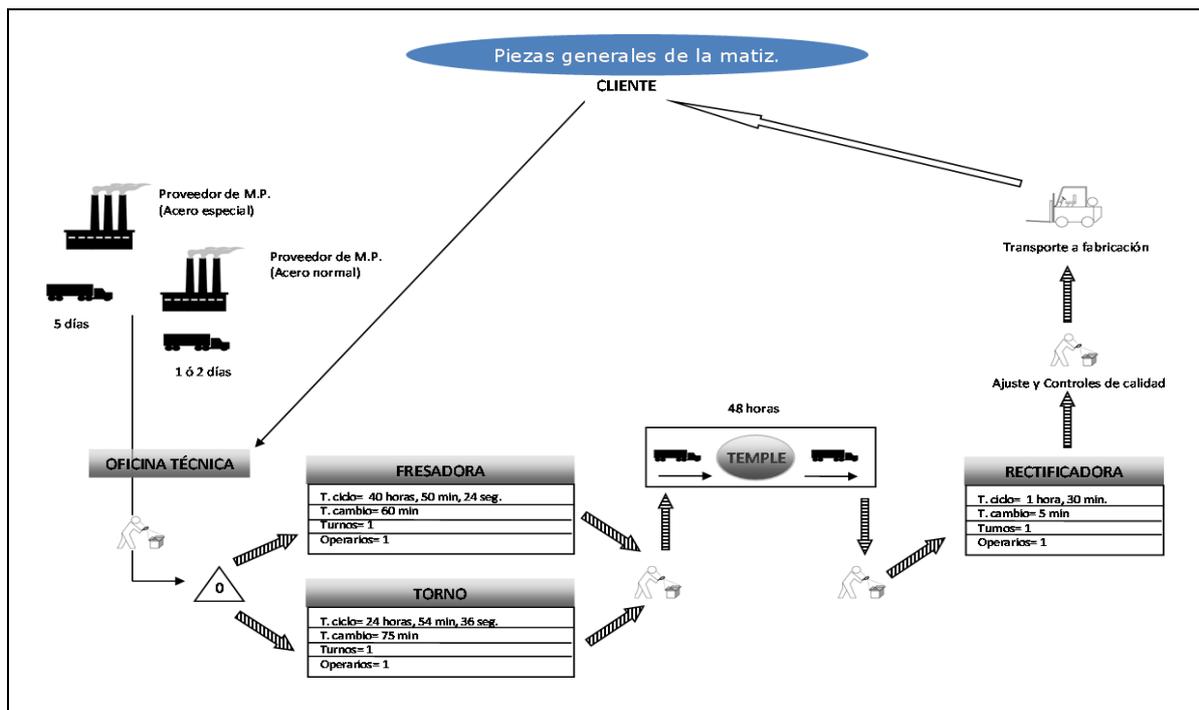


Figura 1. Mapa inicial de los componentes generales

La empresa, ante el pedido de nuevas piezas (tapaderas exteriores de tubo de escape), debe diseñar y fabricar una nueva matriz. Son muchas las rutas de fabricación que se deben

gestionar y sólo cuatro las máquinas existentes en la planta. La empresa no presenta intención inicial de duplicar los medios productivos ni modificar la distribución en planta. Por lo que el objetivo a plantear a partir del análisis de la situación actual es definir la carga máxima semanal que habrá de soportar la planta de mecanizados para llevar a cabo la fabricación de la matriz en el plazo fijado por el cliente, a partir del estudio de tiempos de los procesos a realizar desde la entrada de la materia prima hasta el ajuste de la matriz final.

4.3. Mapeo de la situación futura.

Debido a la problemática concreta que presenta la matricería, las pautas lean establecidas para el VSM han debido ser adaptadas en un grado importante para realizar el mapeo de la situación futura. Los dos objetivos principales que debe aclarar el mapa futuro son la correcta adecuación de la carga a la capacidad productiva y la búsqueda de la secuencia óptima de programación para lograr la máxima eficiencia productiva.

El análisis de los mapas iniciales (de cada uno de los componentes de la matriz) proporcionó la información relevante sobre la localización de los cuellos de botella existentes (primero: la oficina técnica, y segundo: la fresadora, único recurso dedicado exclusivamente a la fabricación de componentes), para la posterior toma de decisiones de la empresa respecto a ellos: aumento de la capacidad de dichos recursos.

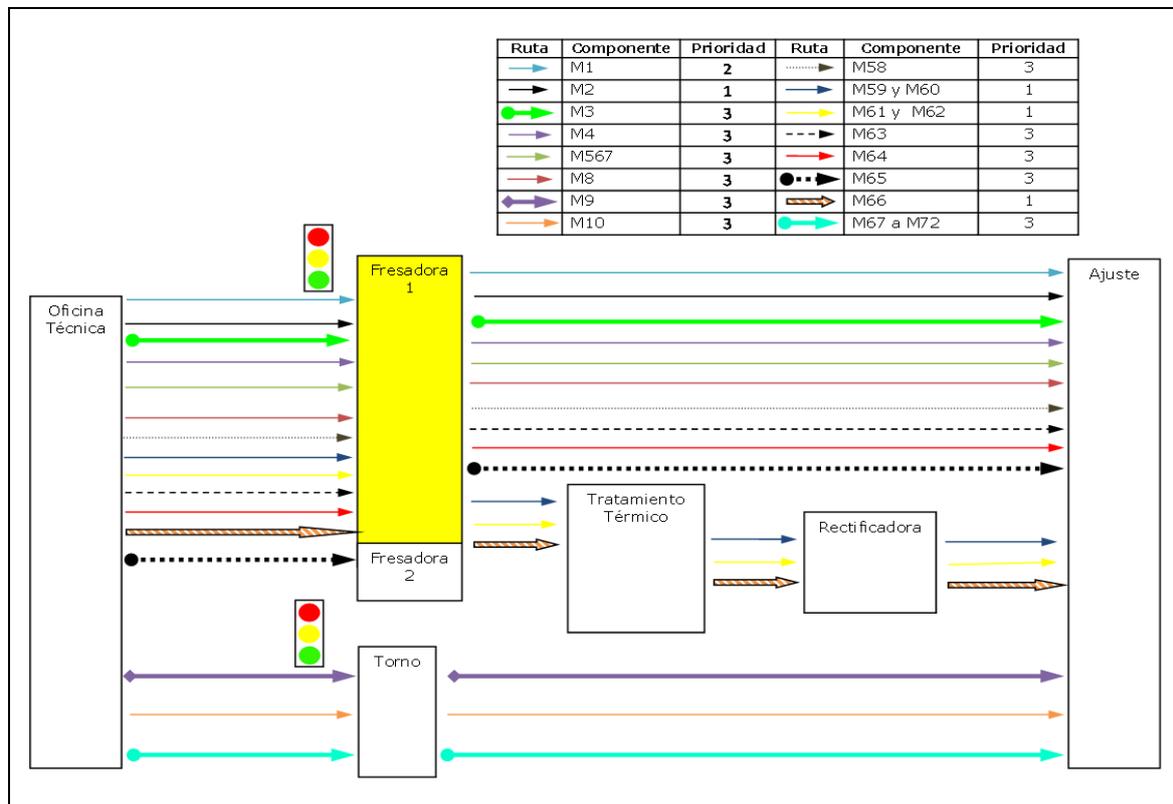


Figura 2. Mapa futuro de los componentes generales

De cara a perfilar los mapas futuros, se contemplaron los siguientes aspectos:

- La matriz debe ser fabricada en tres meses, aunque antes de su entrega deberán ser enviadas las primeras piezas para que el cliente dé su visto bueno a la producción en prensas.
- Los tiempos de preparación de las máquinas han sido incluidos en los tiempos totales de fabricación de las marcas (ver tabla 2).

- Los tratamientos térmicos son subcontratados por la empresa, por ello su larga duración (tratamiento normal-2días, tratamiento especial 4 días).
- El equipo de trabajo ha considerado que los componentes de rutas más largas son aquellos que limitan el periodo de maduración de la matriz (cualquier modificación-corrección de un detalle en estos componentes retrasa el tiempo de ajuste de la matriz). Estableciendo, en base a ello, tres tipos de prioridades (1-alta/2-media/3-baja) a asignar a cada componente (en función de la duración de su ruta), tal como se puede ver en la figura 2, y que condicionarán el componente a mecanizar en cada máquina.

Siguiendo las pautas del VSM (Rother y Shook, 1998; Tapping et al., 2000; Duggan, 2002), su aplicación en el desarrollo del proyecto se muestra detalladamente en los siguientes conceptos:

1. *Cálculo del takt time*, en función del ritmo productivo semanal que puede asumir el proyecto, que en este caso depende del cuello de botella (fresadora 1). El número de órdenes capaz de procesar esta máquina varía cada semana, dependiendo de las especificaciones de cada componente.
2. *El proceso regulador* será la Oficina Técnica, al encargarse de definir la ruta de los componentes y la priorización de las operaciones según los criterios establecidos, y trabajando coordinadamente con el operario responsable de cada proceso.
3. *El nivel adecuado de producción* es aquel que obtiene mayor rendimiento del cuello de botella (fresadora 1), y acorde con el orden de las prioridades establecidas.
4. *Mejora de proceso*, encaminadas a aumentar la capacidad de los dos cuellos de botella:
 - a. Subcontratación temporal de un delineante para la Oficina Técnica, al suponer este proyecto unas 2400h de diseño y la necesidad de continuar aceptando nuevos clientes y pedidos.
 - b. Incorporación de una segunda fresadora. De este modo, la fresadora 1 estará dedicada exclusivamente a la fabricación de la matriz, y la fresadora 2 estará a tiempo parcial (solo trabajará en la matriz dos días de cada semana), de este modo con esta máquina se continuarán atendiendo otros pedidos de la empresa.

Acorde a las restricciones establecidas y aplicando las pautas VSM anteriores, los mapas futuros han sido diseñados insertando en el gráfico de rutas las prioridades (mediante el icono de un semáforo), un ejemplo de ello se muestra en la figura 2. Conviene señalar que los tratamientos térmicos no requieren de la secuenciación definida, al realizarse estas operaciones fuera de las instalaciones de la empresa.

El análisis detallado del nuevo funcionamiento del taller (rutas y tiempos de fabricación para cada una de las piezas, componentes y casetes) permitió un mayor conocimiento de la carga máxima semanal que soportará la planta de mecanizado, determinando los nuevos tiempos de carga para cada una de las máquinas:

Tabla 3. Carga estimada para cada máquina en la planta de mecanizado.

FRESADORA 1	FRESADORA 2	TORNO	RECTIFICADORA	ELECT. HILO
336h	120h	40h	11h	42h
100%	35.7%	11.9%	3.3%	13.4%

de la oficina técnica con las operaciones de mecanizado y los tratamientos térmicos (externos a la empresa). De este modo se logró acabar la fabricación de la matriz y la entrega de las primeras piezas unas dos semanas antes del plazo fijado por el cliente (3 meses).

4.4. Definición e implantación de un plan de trabajo

Desde el inicio del proyecto la empresa le dio prioridad absoluta, pues era fundamental definir la carga máxima semanal de trabajo a soportar por la planta de mecanizados para llevar a cabo la fabricación de la matriz. Para ello fue definido un procedimiento para la planificación de la matricería (en que están implicados todos los participantes del proyecto), y el desarrollo de un calendario de producción, para el control de la realización del mismo (ver figuras 3 y 6). Así mismo, las mejoras llevadas a cabo por la empresa en este proyecto fueron supervisadas por el departamento de calidad, según el programa de trabajo que se muestra en la figura 5.

La matriz fue entregada en la fecha acordada, cumpliendo los plazos exigidos por el cliente. Todas las acciones definidas fueron reflejadas dentro de la carga de trabajo de la plantilla, por lo que no supusieron trabajo adicional, cumpliendo los tiempos previstos inicialmente y no aumentando los costes para la empresa.

5. Conclusiones

El sistema productivo analizado (matricería) presenta algunas particularidades que dificultan la implantación total del VSM. El funcionamiento bajo pedido, la estructura funcional, las rutas complejas de los componentes y el ajuste de éstos al final del proceso son hechos que limitan la aplicación de este sistema, pues en la matricería no se suele trabajar en serie. Sin embargo, la realización de los mapas y la aplicación adaptada del VSM (integrando conceptos de la Teoría de las Limitaciones) han tenido una gran utilidad en lo referente a reflejar y analizar la problemática real y concreta de este sector.

En definitiva, el VSM se ha aplicado a un sistema de producción donde, sin ser tan importantes los tiempos, sí lo son el orden o secuencia de producción, la comunicación entre los distintos departamentos de la empresa y la planificación del trabajo. Además ha permitido definir la carga máxima semanal que puede soportar la planta. Esto ayuda a una mayor definición de la cadena de valor y eliminación de posibles despilfarros. Normalmente no será posible establecer un flujo de trabajo que contemple todo el proceso sin interrupciones, pero sí fijar como objetivo asequible enlazar determinadas operaciones en un flujo único, separado del resto de operaciones que permitirán el desarrollo de proyectos, como el analizado en el presente trabajo.

Finalmente, concluir que la aplicación del VSM ha logrado alrededor del 80% del cumplimiento de la planificación inicial, alcanzando mejoras cuantificables (hasta un máximo del 70%) relativas al desempeño productivo tras abordar las dificultades del entorno productivo analizado y sus problemas logísticos asociados.

Agradecimientos

El trabajo presentado en esta comunicación ha sido posible merced a la colaboración de la empresa Matrices Alcántara S.L.

Referencias

Cuatrecasas, L. (2006). Claves de Lean Management. Ed. Gestión 2000.

- Duggan KJ. (2002). Creating mixed model value streams. Practical lean techniques for building to demand. Ed. Productivity Press.
- European Commission(2004). Manufacture, a vision for 2020. Assuring the future of manufacturing in Europe, Luxemburgo.
- Hicks B.J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27:233–249.
- Holweg M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25:420–437.
- LERC, 2004. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School, www.cf.ac.uk/carbs/lom/lerc , consultada en febrero-abril 2010.
- Melton T. (2005). The benefits of Lean Manufacturing-What Lean Thinking has to offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and design*, 83(A6):662-673.
- Mo J.P.T. (2009). The role of lean in the application of information technology to manufacturing. *Computers in Industry*, 60:266–276.
- Rother M., Shook J. (1998) Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda. Lean Enterprise Institute.
- Ruiz de Arbuló P., Díaz de Basurto P. (2008). El Value Stream Mapping en entornos con alta variedad de productos e inestabilidad de la demanda. XII Congreso de ingeniería de Organización.
- Serrano, I., Ochoa C., Gurrutxaga I, Iradi J. (2005). Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas. IX Congreso de Ingeniería de Organización.
- Shah R., Ward P.T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21:129–149.
- Shah R., Ward P.T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25:785–805.
- Sullivan W.G., McDonald T.N., Van Aken E.M. (2002). Equipment replacement decisions and lean manufacturing. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 18:255–265.
- Tapping D., Luyster T., Shuker T. (2000). Value Stream Management. Eight steps to planning, mapping and sustaining lean Improvements. Ed. Productivity Press.
- Womack J.P., Jones D.T. (1994). From lean production to the lean enterprise. *Harvard Business review*, 72:93-103.

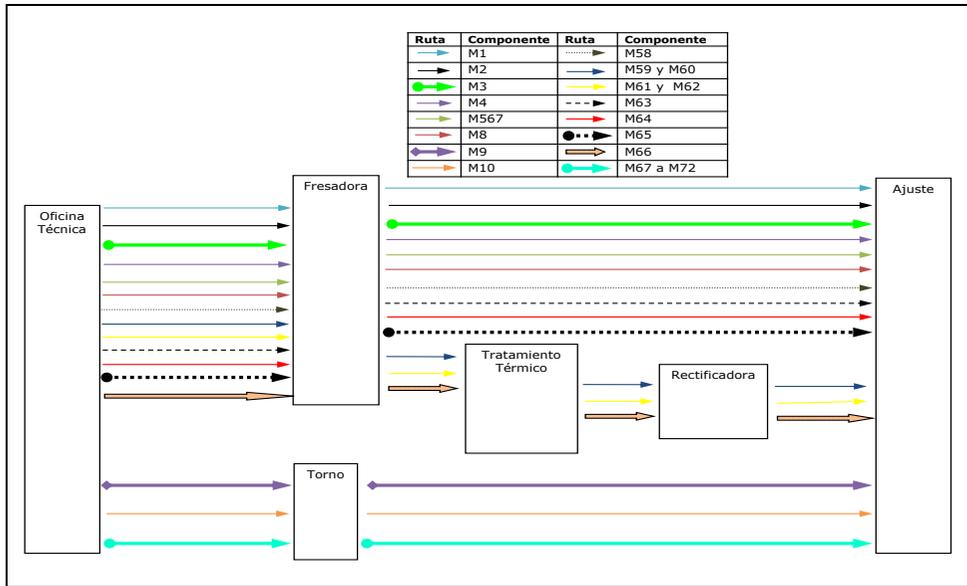


Figura 4. Ruta inicial de los componentes generales.

Fecha:		PLAN DE LA CADENA DE VALOR											Firmas						
Director:		Programa semanal											Director	Sindicato	Ingeniería	Mto.			
Responsable Val. Stream:																			
Objetivos familia:	Loop	Objetivos	Meta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rble.	Dptm. implicado	Revisión	fecha
Automatización carga-capacidad	Modificación de rutas			■												Vicente Roig			
	Sincronización bases de datos			■												Vicente Roig			
	Implantación				■											Vicente Roig			
	Control					■	■	■	■							Vicente Roig			
Mejora Continua	Estudio de tiempos					■	■	■								Vicente Roig			
	Reducción de los tiempos de cambio (SMED)								■	■						Vicente Roig			
	Implantación									■						Vicente Roig			
	Control										■	■	■			Vicente Roig			
	Calidad													■		Vicente Roig			

Familia de productos: Tapaderas exteriores de tubo de escape.

Figura 5. Plan de la cadena de valor de la empresa

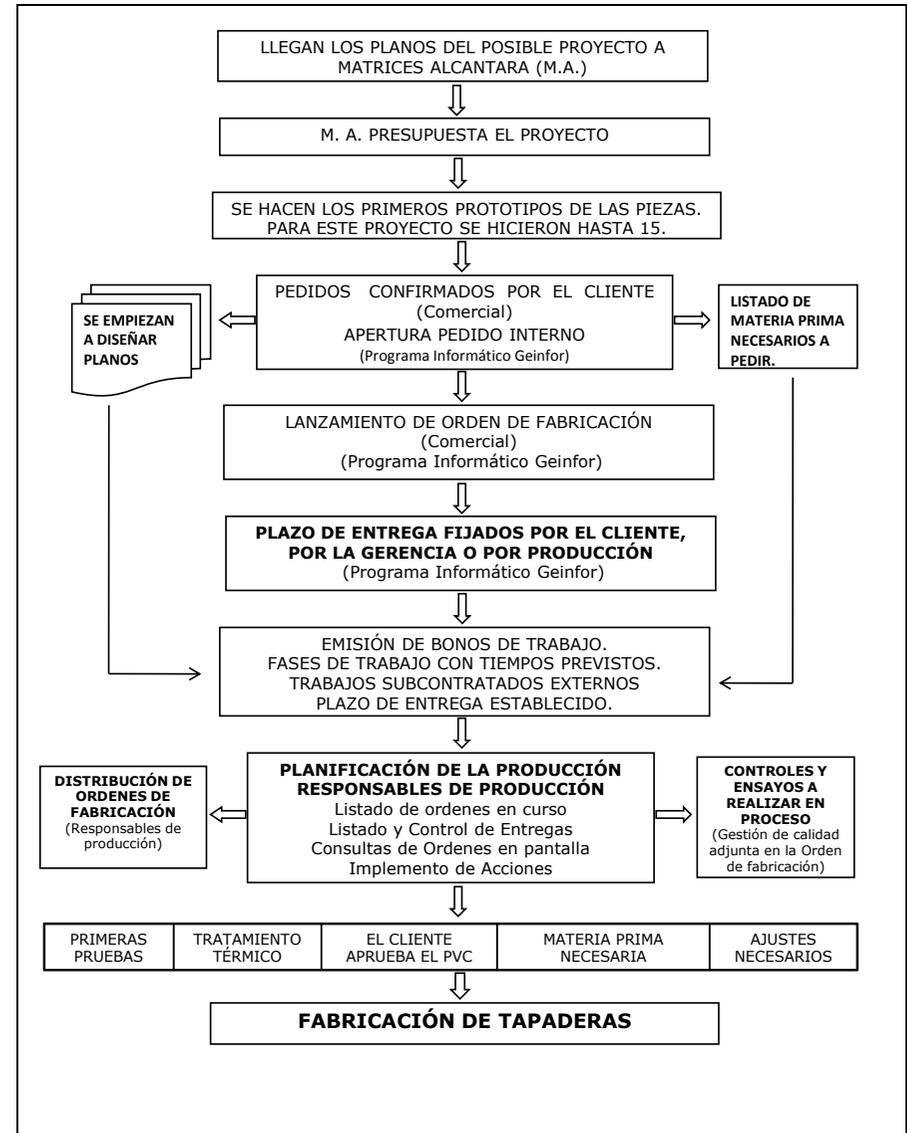


Figura 6. Procedimiento de planificación de matricería.