

## Análisis de la aplicabilidad de la técnica *Value Stream Mapping* en el rediseño de sistemas productivos

Ibon Serrano Lasa<sup>1</sup>, Carlos Ochoa Laburu<sup>2</sup>, Itziar Gurrutzaga Gurrutzaga<sup>2</sup>, Jon Iradi Arteaga<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Organización Industrial. Mondragon Unibertsitatea. Loramendi 4, Apt. 23. 20500 Mondragón (Gipuzkoa). [iserrano@eps.mondragon.edu](mailto:iserrano@eps.mondragon.edu).

<sup>2</sup> Departamento de Organización de Empresas. Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad del País Vasco. Alameda de Urquijo s/n 48013 Bilbao. [carlos.ochoa-laburu@ehu.es](mailto:carlos.ochoa-laburu@ehu.es). [oepegugui@bi.ehu.es](mailto:oepegugui@bi.ehu.es). [oepirari@lg.ehu.es](mailto:oepirari@lg.ehu.es).

### Resumen

*El Value Stream Mapping (VSM), técnica desarrollada al amparo del modelo organizativo de la Producción Ajustada, se presenta como una herramienta orientada a apoyar el proceso de rediseño del sistema productivo en empresas manufactureras de producción en serie. La presente comunicación expone un proyecto de investigación realizado con el propósito principal de evaluar la verdadera aplicabilidad de dicha técnica en diferentes entornos productivos con diversidad de problemáticas logísticas. La estrategia de investigación adoptada se ha basado en el estudio múltiple de casos. Si bien los resultados obtenidos muestran la validez del VSM, se observa una necesidad de enriquecer la teoría con otros enfoques y herramientas existentes en el ámbito productivo de la gestión de operaciones.*

**Palabras clave:** *Value Stream Mapping*, Producción Ajustada, Rediseño de sistemas productivos, estudio de casos.

### 1. Problemática

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 lo retos de los mercados actuales (European Commission, 2004). Es necesario por tanto, disponer de herramientas prácticas que apoyen el proceso de rediseño de sus sistemas productivos (Marchwinski, 2004).

### 2. El *Value Stream Mapping*

El *Value Stream Mapping* (VSM) o mapeo del flujo de valor, es una herramienta desarrollada en el seno del modelo productivo de la Producción Ajustada (*Lean Production*) y particularmente enfocada a las empresas manufactureras dedicadas a la producción seriada de piezas discretas (Womack et al., 1996). Se fundamenta en la aplicación secuenciada de las siguientes etapas por parte de un equipo creado para tal fin (Rother et al., 1998):

#### 2.1 Elección de la familia de productos

La puesta en práctica del VSM se basa en el cartografiado del flujo de una única familia de productos en el marco de la planta productiva. El criterio de selección principal de la familia se basará en la disposición de la empresa a modificar o rediseñar el flujo productivo de la misma.

## 2.2 Mapeo o cartografiado del estado inicial

Mediante el empleo de iconos normalizados se concreta el mapa de la situación inicial del flujo de materiales y de su información asociada. La figura 1 muestra como ejemplo uno de los mapas iniciales desarrollados durante el proyecto de investigación.

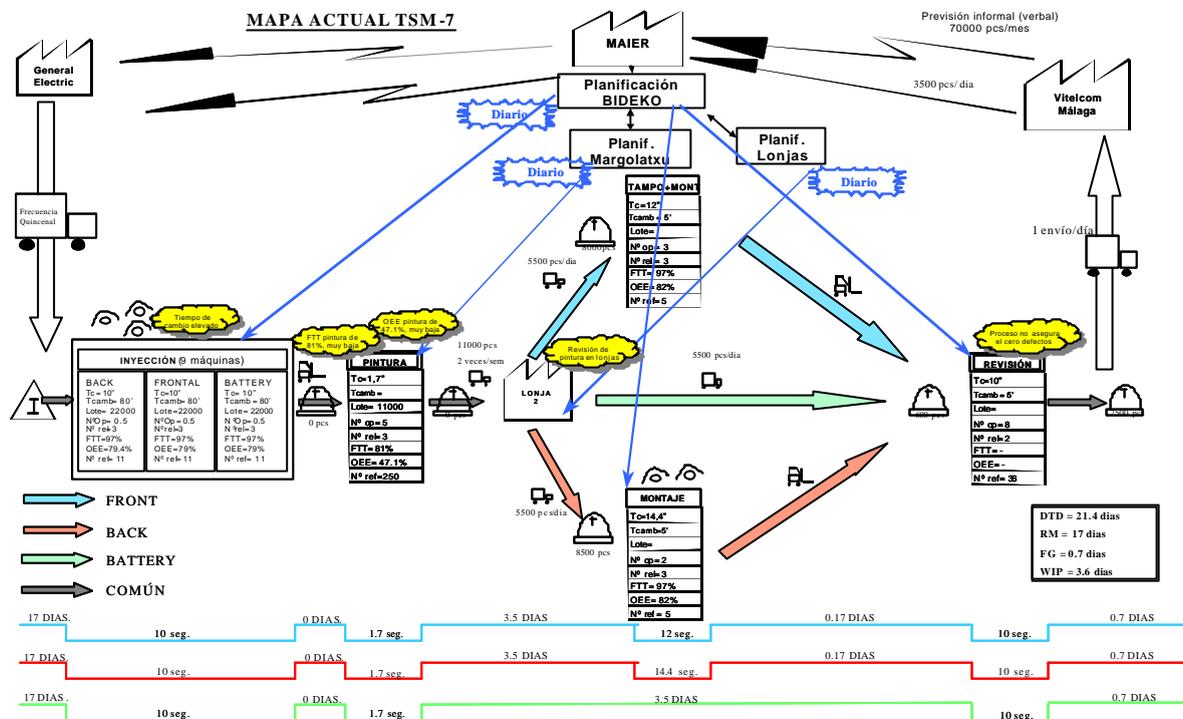


Figura 1. Ejemplo de mapa de la situación inicial.

## 2.3 Mapeo de la situación futura en base a pautas aportadas por la Producción Ajustada

Se trata de definir un mapa futuro de la situación a alcanzar en un plazo determinado. Dicho mapa futuro se desarrollará en base al seguimiento de ciertas pautas inspiradas en la Producción Ajustada:

1. Producción al ritmo demandado por el mercado.
2. Implantación de flujos continuos (lotes de transferencia unitarios) siempre que estos sean posibles.
3. Empleo de sistemas de programación *pull*.
4. Programar un único punto del flujo logístico denominado proceso regulador.
5. Nivelar la producción lo máximo posible en cuanto a mezcla de referencias y frecuencia de control.
6. Mejora de eficiencias de los diferentes medios productivos.

La figura 2 expone el mapa futuro ideado para el caso del mismo ejemplo anterior.

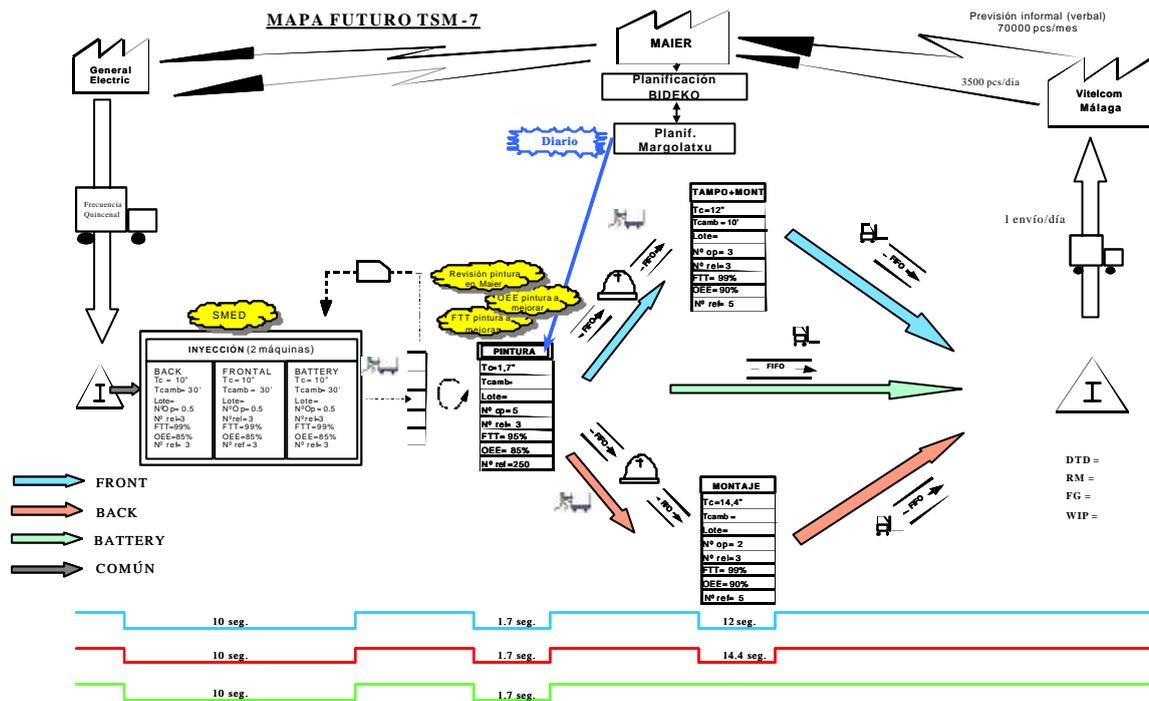


Figura 2. Ejemplo de mapa de la situación futura.

## 2.4 Definición e implantación de un plan de trabajo

Despliegue e implantación de un plan que englobe los diferentes proyectos de mejora a llevar cabo surgidos a partir del mapa futuro.

## 3. Propósito de la investigación

El VSM se percibe como una herramienta práctica para el fin que se trata de alcanzar: el diseño y creación de entornos productivos flexibles y eficientes. No obstante, no se conoce ningún análisis científico cruzado que explore en profundidad la verdadera aplicabilidad y potencialidad del VSM en diferentes entornos fabriles de producción seriada de piezas discretas. Es decir, el análisis de aspectos tales como, las verdaderas fortalezas y debilidades de la herramienta, su contexto práctico de aplicación, la formación requerida, los recursos necesarios y las posibilidades de combinación y adaptación con otras técnicas y conceptos productivos. En definitiva, el principal propósito del presente estudio científico ha sido la exploración y determinación de la aplicabilidad de la técnica VSM.

## 4. Metodología de investigación

La metodología investigadora se ha basado en el estudio múltiple de casos (Voss et al. 2002), (Eisenhardt, 1989). Tras la identificación de seis empresas manufactureras interesadas en resolver diferentes problemas productivos, se ha llevado a cabo durante un año el proceso propuesto por el VSM en cada uno de los casos. Las conclusiones alcanzadas por el análisis se derivan principalmente de la observación exhaustiva de todas y cada una de las etapas del proceso, así como de la triangulación alcanzada mediante entrevistas con los miembros de los equipos responsables de la puesta en práctica.

La siguiente tabla 1 muestra las etapas principales de la investigación de cada caso, así como los hitos y métodos de recolección de datos definidos para su posterior análisis y extracción de conclusiones.

**Tabla 1. Enmarque de la investigación.**

<b>Problemática a investigar</b>	<b>Propósito de la investigación.</b>
	<i>Determinar la aplicabilidad real del VSM para el diagnóstico y desarrollo de mejoras en el sistema productivo de empresas manufactureras de producción seriada.</i>
	<b>Objetivos de la investigación.</b>
	<p>Evaluación del VSM en cuanto a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir la validez en cuanto a problemáticas logísticas concretas.</li> <li>• Evaluar su validez en diferentes entornos productivos de manufactura en serie.</li> <li>• Citar las carencias técnicas en cuanto a integración con otras filosofías y conceptos.</li> <li>• Contrastar la necesidad de empleo de Sistemas de Información como fuentes de datos y herramientas adicionales de tratamiento de datos.</li> </ul>
	
<b>Programa de investigación</b>	<b>Etapa n°1. Selección de casos.</b>
	<p>Búsqueda de empresas manufactureras de producción seriada con problemáticas logístico productivas internas (en planta) concretas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recogida de expresiones de interés por parte de empresas en resolver problemas organizacionales.</li> <li>2. Selección de empresas clave:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. En función del sector: manufactura seriada de piezas discretas.</li> <li>b. En función del tipo de problema: Problemática logística en el sistema productivo interno.</li> </ol> </li> </ol> <p><b>*Entrevista telefónica para validación de casos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Planteamiento de aplicación del VSM a cada empresa.</li> <li>4. Creación de equipos de aplicación.</li> <li>5. Formación al equipo en VSM.</li> </ol> <p><b>*Entrevista de definición de equipo.</b></p>
	<b>Etapa n°2. Aplicación de la técnica VSM.</b>
	<p>Aplicación del VSM en casos reales basado en el desarrollo de las etapas del mismo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elección de una familia de producto.</li> <li>2. Mapeo de la situación inicial.</li> <li>3. Mapeo de la situación futura.</li> <li>4. Definición de un plan de trabajo.</li> <li>5. Implantación del plan de trabajo.</li> </ol> <p>El método de recogida de datos consistirá en la <b>observación</b> del proceso.</p> <p><b>*Observación del proceso VSM.</b></p>
	<b>Etapa n°3. Evaluación del VSM.</b>
	<p>La evaluación de las aplicaciones se realizará en base a los datos recogidos en la <b>observación</b> del proceso, así como en una <b>entrevista final</b> realizada al equipo de cada empresa.</p> <p><b>*Entrevista final de evaluación.</b></p>
	
<b>Output</b>	<b>Conclusiones.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resumen de logros alcanzados mediante la aplicación del VSM.</li> <li>• Evaluación de limitaciones del VSM.</li> <li>• Investigación futura.</li> </ul>

## 5. Resultados y conclusiones

La aplicación del VSM ha sido exitosa en todos los casos. Se ha cumplido la planificación inicialmente ideada y se han alcanzado mejoras cuantificables relativas al desempeño productivo. Sin embargo, la evolución de cada aplicación, las dificultades afrontadas durante el proceso, el nivel de los proyectos aprobados y el grado de las mejoras alcanzadas han diferido de manera significativa en cada uno de los estudios llevados a cabo.

En síntesis y como conclusiones más relevantes, el VSM se muestra como una herramienta base adecuada, útil y práctica tanto en los diferentes entornos productivos tratados como para las diversas problemáticas logísticas abordadas; de hecho, el VSM cumple con las ventajas citadas por los principales autores (Rother et al., 1998):

- Muestra una visión sistémica del flujo productivo por cada familia a mapear.
- Refleja las ineficiencias del sistema productivo.
- Proporciona un lenguaje común para el trabajo en equipo.
- Une los conceptos y las técnicas *lean* en un único cuerpo.
- Sirve de punto de partida estratégico para un plan de implantación.
- Muestra la unión entre los flujos de material y de información.

No obstante, los resultados derivados del estudio de los diferentes casos también reflejan las diferentes posibilidades de refinamiento y adaptación de la técnica VSM. A continuación se exponen las conclusiones más relevantes en cuanto a aspectos de mejora de dicha técnica:

En numerosos casos, las empresas aun no están preparadas para la consecución de flujos productivos futuros tan ajustados y flexibles como aboga la Producción Ajustada a través del VSM. En una proporción importante de casos ha habido que idear situaciones futuras en las que se ha aplicado la sistemática DBR desarrollada en el contexto de la teoría de las limitaciones (TOC) (Goldratt, 1986). Se percibe por tanto una necesidad de completar, integrar y validar este último enfoque en el marco del VSM. Más en concreto, una profundización de la teoría con una exposición clara de la relación que debe darse entre el anteriormente citado proceso regulador, proceso cuello de botella y punto de decisión o interfaz del sistema productivo (Hines et al. 1997), (Hopp et al., 2000). El apartado 6 propone mediante la exposición de un sencillo ejemplo, diferentes posibilidades que se abren a la hora de definir el proceso regulador en base a la combinación de conceptos provenientes tanto de la Producción Ajustada como de la TOC.

La misma conclusión referente a la dificultad de visualizar y plantear mapas futuros ambiciosos y ajustados se deriva del empleo limitado de conceptos relacionados con la Producción Ajustada, tales como los sistemas *pull* de tipo supermercado y los paneles *heijunka* de nivelación de la producción. Se percibe por tanto una necesidad de formación y convencimiento en dichos aspectos por parte de las empresas dispuestas a su aplicación.

Por otro lado, el estudio de casos ha demostrado que una herramienta de aplicación sencilla como el cálculo carga-capacidad de cada medio productivo puede ser aplicada para la asignación de centros productivos a referencias concretas, así como para la determinación de los lotes de fabricación óptimos, tal y como propone el VSM.

Por último, citar la importancia de los Sistemas de Información de la empresa como importante apoyo para facilitar el proceso de captura de los datos productivos, así como de complemento a la captura in situ en la propia planta.

## 6. Integración de la TOC

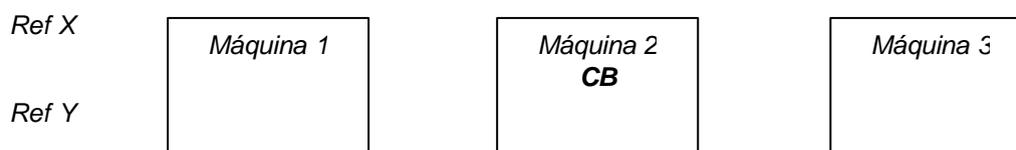
El VSM no presta excesiva atención a la existencia de cuellos de botella en el sistema ya que busca el equilibrado de todos los procesos con respecto al *takt time*. Pese a ello, en muchos casos se puede seguir dando un desequilibrio en la capacidad de los diferentes centros productivos; aquel centro que limite la capacidad productiva de la cadena será el cuello de botella.

La única mención a la programación de la producción teniendo en cuenta el cuello de botella la realiza Rother para entornos productivos que trabajan bajo pedido con un amplio rango de productos posibles. Para estos casos, aconseja lanzar el programa al proceso más aguas arriba a intervalos regulares y con volúmenes de producción basados en la limitación del cuello de botella (Rother, 2004).

La experiencia ha demostrado que los preceptos basados en la TOC también pueden emplearse en un campo más amplio de entornos. Así pues, resulta de interés integrar dichas posibilidades en la teoría referente al VSM.

Tras llevar a cabo la etapa número 4 (ver apartado 2.3.) en la que se determina el proceso regulador, la siguiente fase consiste en determinar el *mix* de producción para el mismo. Según la Producción Ajustada, la nivelación ha de ser la máxima posible para el proceso regulador, siempre teniendo en cuenta el tamaño del contenedor en el que se depositan las piezas o el *pitch*. La TOC por otro lado, aconseja realizar el programa que más rendimiento genere en el sistema, esto es, la secuencia óptima para el cuello de botella. Por tanto, para los casos en los que exista un cuello de botella claro en el sistema, debería ser conveniente nivelar la producción en el proceso regulador en base al ritmo óptimo que puede seguir la limitación.

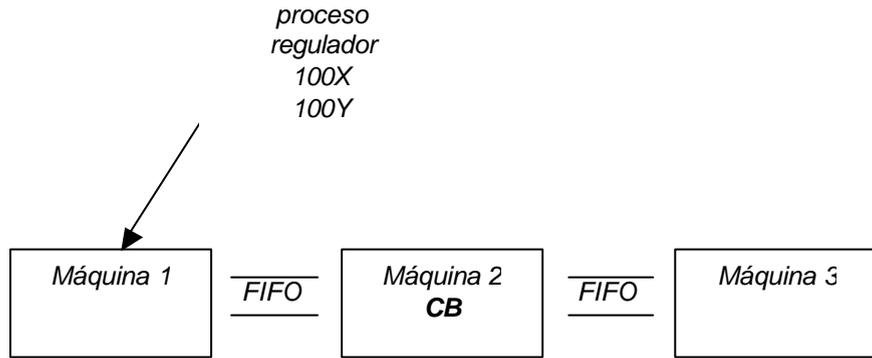
En el ejemplo siguiente (ver figura 3) en el que el cuello de botella está situado en la segunda máquina, se muestran las diferentes opciones que se abren en base a situar en diferentes puntos el proceso regulador.



**Figura 3.** Ejemplo. sistema productivo

En el sistema productivo del modelo se fabrican dos referencias, X e Y, el lote mínimo del cuello de botella es de 100 unidades, el tamaño de contenedor de 10 unidades y las máquinas 1 y 3 son capaces de producir lotes mínimos de 10 unidades.

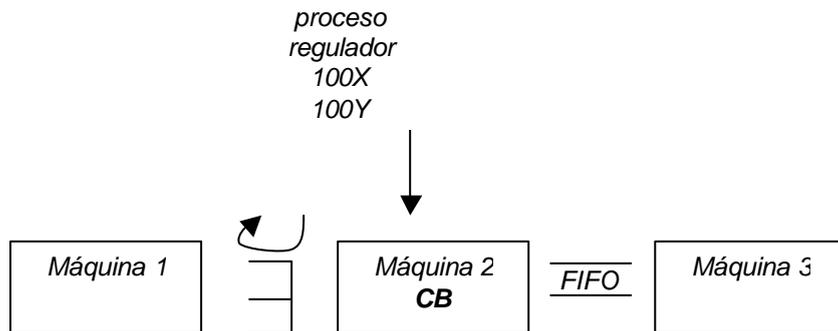
Si el proceso regulador se decide situarlo en el primer proceso, el mapa podría ser el siguiente (ver figura 4).



**Figura 4.** Ejemplo. proceso regulador en la primera máquina.

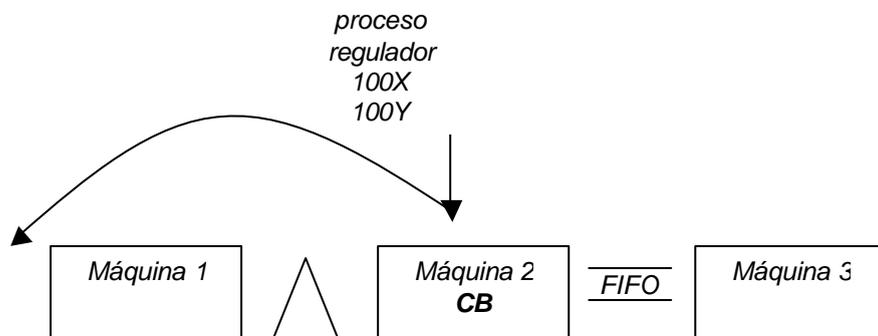
Como se observa, el proceso regulador sigue el programa óptimo del cuello de botella a pesar de que éste se halle en la siguiente máquina. Si se analiza en base a los conceptos del tambor, pulmón y cuerda del DBR, el tambor será el programa del cuello de botella, el pulmón estará reflejado en la línea FIFO delante del cuello de botella y la cuerda es el programa del proceso regulador basado en el óptimo del cuello de botella y enviado con la antelación necesaria para que llegue al punto correspondiente en el momento adecuado.

En el caso en el que el proceso regulador y el cuello de botella coincidan (ver figura 5), el tambor será el mismo programa anterior, el *buffer* se podría situar como un supermercado que funciona en tirón y la cuerda en este caso del ejemplo no existiría.



**Figura 5.** Ejemplo. Proceso regulador coincide con el cuello de botella.

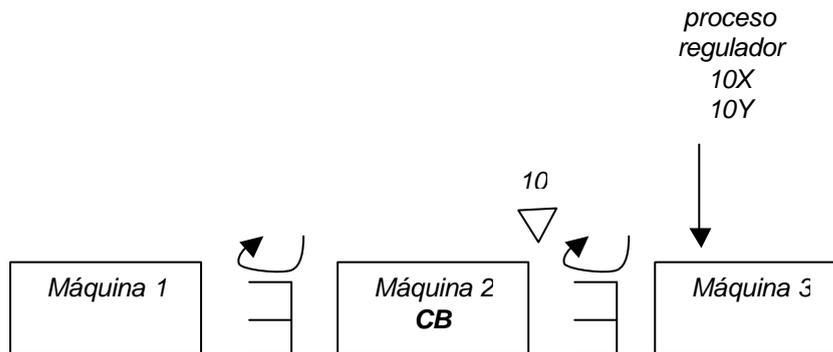
La siguiente figura 6 ilustra el caso en el que no se quiera trabajar en base a tirón y se vea necesario por alguna razón bajar un programa al primer proceso.



**Figura 6.** Ejemplo. Sistema DBR

En este caso se lanza una cuerda basada en el programa del cuello de botella para el primer proceso, habiendo de llegar las piezas al buffer anterior con la antelación definida.

La última figura 7 ilustra el caso en el que el proceso regulador se situó en la tercera máquina.



**Figura 7.** Ejemplo. proceso regulador situado aguas abajo del cuello de botella.

En este caso se puede permitir que el proceso regulador nivele al máximo sus lotes de fabricación, en todo caso el supermercado del cuello de botella habrá de contemplar el lote mínimo de éste, de ahí el símbolo del triángulo invertido, que indica el consumo de un lote mínimo de 100 unidades. Por otro lado el supermercado correspondiente al primer proceso habrá de estar lo suficientemente dimensionado como pulmón adecuado para que el cuello de botella nunca pare.

El ejemplo expuesto no es más que una muestra sencilla y didáctica para mostrar y subrayar los siguientes aspectos novedosos y no suficientemente explotados en la divulgación del VSM:

- El proceso regulador y el cuello de botella no tienen porqué coincidir. El cuello de botella es la limitación del sistema y el proceso regulador es aquel único punto que se decidirá programar por razones de racionalizar el equilibrio entre stock del sistema y el tiempo de respuesta ante cliente o ante almacén de producto terminado.
- La nivelación del *mix* en el proceso regulador, en casos en los que el cuello de botella es claro, es conveniente realizarlo en base al programa óptimo del cuello de botella o tambor.
- La introducción de este concepto abren diferentes posibilidades en base a combinar la sistemática DBR con los sistemas *pull* secuenciales o de supermercado.

Así pues, interesaría enriquecer la teoría VSM mediante la integración de conceptos basados en la TOC.

### Agradecimientos

El equipo investigador quiere agradecer la colaboración prestada a las siguientes empresas participantes: *Astigarraga Kit Line*, *Maier*, *GSB Forja*, *UEB*, y *Geyser-Gastech*.

### Referencias

- Eisenhardt, K.M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*. Vol. 14, 532-550.
- European Commission (2004) *Manufuture, a vision for 2020. Assuring the future of manufacturing in Europe*, Luxemburgo.
- Goldratt, E.M. (1986) *La carrera*, Monterrey, Méjico, Castillo.

- Hines, P. y Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 17, 146-64.
- Hopp, W.J. and Spearman, M.L. (2000) *Factory physics: foundations of manufacturing management*, New York, EEUU, Mc Graw Hill.
- Marchwinski, C. (2004). 2004 State of Lean report. (documento web), [www.lean.org](http://www.lean.org) (visitado en Abril de 2004).
- Rother, M. and Shook, J. (1998) *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*, Brookline, Massachussets, USA, Lean Enterprise Institute.
- Rother, M (2004). Value Stream Mapping in a make to order environment, (documento web), [www.lean.org](http://www.lean.org), (visitado en Abril de 2004)
- Voss, C., Tsikriktsis, N. y Frohlich, M. (2002). Case research in operations management. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 22, 195-219.
- Womack, J.P. and Jones, D.T. (1996) *Lean Thinking. Banish waste and create wealth in your corporation*, London, UK, Touchstone books.