

METODOLOGÍA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL LEAN MANAGEMENT EN UNA EMPRESA INDUSTRIAL INDEPENDIENTE Y DE TAMAÑO MEDIO

RESUMEN

El *lean management* es, en la actualidad, el enfoque de gestión de los procesos de una empresa que puede considerarse más eficiente y avanzado, como ha podido comprobarse sobradamente por los éxitos de las empresas que lo aplican. Sin embargo, su correcta implantación no es sencilla y, de ahí que todavía no sean muchas las empresas que lo hayan adoptado con éxito.

En efecto, además de requerirse una organización correcta y flexible, una firme decisión de implantarlo, una gran apertura mental y una cultura de hacer las cosas bien en la línea de la calidad total, la implantación **efectiva** del *lean management* requiere una metodología muy bien elaborada y aplicada. El *lean management* no es sólo un conjunto de técnicas que pueden aplicarse a discreción y de forma independiente, como erróneamente se ha pretendido con frecuencia. Así por ejemplo, la implantación de un layout basado en células flexibles, no sirve de gran cosa, si no es en un contexto de una implantación en flujo regular y constante de TODAS las actividades de un producto.

En este trabajo se propone una metodología para la implantación del *lean management* en empresas industriales independientes y de tamaño medio, en la que cada etapa es necesaria y justifica la anterior. En nuestra propuesta, hemos dado un papel relevante al Mapa de Flujo de Valor, la herramienta de representación visual del mundo *lean*, que permite analizar una implantación de forma global y estudiar la necesidad y eficacia de herramientas concretas en el contexto de la implantación completa y no de forma aislada.

Inicialmente hemos abordado algunos trabajos y propuestas de metodologías para la implantación de procesos eficientes y competitivos, en la línea del *lean management*. Después de la descripción de la metodología, se expone caso ilustrativo de su aplicación.

Palabras clave: Gestión *lean*, desperdicio (*waste*), *takt time*, *Value Stream Map*, flujo de valor, flexibilidad.

METODOLOGÍA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL LEAN MANAGEMENT EN UNA EMPRESA INDUSTRIAL INDEPENDIENTE Y DE TAMAÑO MEDIO

1. Introducción

El lean production viene definido por un conjunto de principios y de herramientas de gestión de la producción que han sido expuestos por diversos autores (Monden (1983), Womack, et al. (1990), Womack y Jones (1996), Hines y Jones (1999), Womack y Jones (2002). Estos principios y herramientas vienen avalados por experiencias de éxito con su utilización. Se fundamentan en el sistema de producción desarrollado por el equipo de Taiichi Ohno en Toyota y posteriormente adoptado por otras empresas del sector automovilístico, de otros sectores manufactureros y de servicios.

En la actualidad ya no cabe duda alguna de que su adopción, de forma correcta y completa, conduce al éxito, basado en importantes mejoras en la eficiencia y competitividad. La forma de implantar sus principios no forma parte del cuerpo doctrinal central de la metodología y la aplicación de estos principios en Toyota es anterior a su definición formal, por lo que el camino recorrido por ella es irreplicable. Tampoco las experiencias posteriores han llevado a un patrón de implantación único. Se aplica a empresas con situaciones de partida diferentes y de sectores y países también distintos. Además, se trata en última instancia de generar una dinámica propia de mejora, por lo que la adaptación a las características de cada caso es indispensable. Por todo ello, el hecho de que las ideas centrales del pensamiento lean no incluyan una metodología de implantación es perfectamente razonable.

La aproximación al fenómeno de la implantación del lean production desde la literatura se realiza de acuerdo con estas condiciones. Por una parte se efectúan análisis *expost* sobre implantaciones ya realizadas. Se buscan factores comunes que arrojen luz sobre el proceso de implantación, aunque sean solo válidos para las condiciones de cada caso. Se trata de análisis referidos al conjunto de la implantación o a algún aspecto concreto.

Otros estudios pretenden directamente orientar futuras implantaciones, infiriendo a partir de casos conocidos y por analogía situaciones y procedimientos con los que el éxito

es previsible. Pertenecen a este grupo las metodologías desarrolladas en el marco de la *Lean Aerospace Initiative* Crabill, et al. (2000) y en el del *Lean Enterprise Research Centre* (Hines and Taylor (2000)).

2. Ámbito de este trabajo

El presente trabajo pretende aportar una metodología para la implantación de un sistema *lean manufacturing*, también conocida como *producción ajustada*, en un ámbito centrado en las empresas industriales, de tamaño medio e independientes (en lo referente a las capacidades para la adopción de la gestión *lean*, especialmente frente a sus proveedores), tal y como se detallará más adelante.

El estudio se basa en experiencias en empresas del ámbito de los autores, en concreto, empresas españolas. El análisis es sobre un número muy reducido de casos en los que ha habido intervención directa de uno de los autores. Metodológicamente, pues, se parte del conocimiento en profundidad de casos.

El trabajo se estructura en los siguientes apartados:

- Revisión de la literatura sobre el proceso de difusión de los principios del *lean production* y su implementación. La revisión identifica unos factores comunes y factores diferenciales que aportan luz a la orientación y validación de la correspondiente metodología.
- Características de la implantación en casos reales por fases y herramientas que permitan esbozar, de forma tentativa, una metodología para tal implementación.
- Propuesta de metodología aplicable a un amplio espectro de empresas que se ajusten a los parámetros anteriormente especificados.
- Descripción de un caso. Se muestra la transición por etapas en un caso de procesos industriales, pilotada por medio del Value Stream Map.

3. Antecedentes

3.1. Planteamientos globales.

La implantación de los sistemas lean se halla debidamente reflejado en la literatura y como cualquier planteamiento normativo, se enfrenta a la dificultad de definir principios generales para casos particulares y únicos. Los principios y herramientas *lean* son especialmente versátiles, como se refleja en Swank (2003) y Womack and Jones (2005).

Womack y Jones (1996 y actualización de 2003), incluyen en su obra *Lean Thinking* un capítulo dedicado a la implantación, en el que indican las fases de que consta y se proponen la política a seguir. La Tabla 1 resume los pasos propuestos.

<p>Lograr el arranque</p> <ul style="list-style-type: none">- Encontrar un agente del cambio (líder)- Procurarse el conocimiento- Encontrar una palanca aprovechando la crisis o creando una- Olvidar por el momento la estrategia excelente- Cartografiar sus flujos de valor- Empezar tan pronto como sea posible con una actividad importante y visible- Exigir resultados inmediatos- Ampliar el campo de acción, tan pronto haya tomado impulso <p>Crear una organización que canalice los flujos</p> <ul style="list-style-type: none">- Crear una función de promoción lean- Tratar el problema del personal sobrante al principio- Diseñar una estrategia de crecimiento- Eliminar a los que se oponen al cambio- Después de reorganizar algo, reorganízelo de nuevo- Dos pasos adelante y uno atrás es aceptable; no hacer pasos adelante, no lo es <p>Poner en práctica sistemas que estimulen el pensamiento <i>lean</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Utilizar el despliegue de políticas- Crear un sistema contable lean- Retribuir al personal de acuerdo con los resultados de la empresa- Hacer que todo sea transparente- Enseñar a todos el pensamiento y las técnicas lean- Dar a la maquinaria el tamaño adecuado <p>Concluir la transformación</p> <ul style="list-style-type: none">- Convencer a proveedores y clientes para que sigan su ejemplo- Desarrollar una estrategia global lean- Pasar del liderazgo de arriba hacia abajo a las iniciativas de abajo hacia arriba
--

Tabla 1. Pasos del "plan de acción" en Lean Thinking (Womack y Jones (1996)).

Las diferencias entre iniciativas de mejora dependen, según el estudio de Filippini, et al. (1998), de que las modificaciones afecten esencialmente a la maquinaria y equipos de producción o bien a la organización, y también de si la empresa adopta las técnicas de producción avanzadas parcial o totalmente. La secuencia definida en *Lean Thinking* se inicia con una adopción parcial para provocar paulatinamente una adopción completa. Por el contrario, las otras dos metodologías que se introducen tienen de entrada un componente general.

Análisis del desperdicio	Determinación de la dirección	Análisis de la perspectiva general.	Mapa detallado	Implicación de proveedores y clientes	Comprobación ajuste dirección, plan, aplicación
1. Tipos de desperdicio 2. Tipos de actividad (con valor, sin valor, sin valor necesarios)	1. Desarrollo de los factores de éxito críticos 2. Revisión o definición de las medidas de negocio apropiadas 3. Objetivos de mejora para cada medida de negocio 4. Definición de los procesos de negocio clave 5. Determinar que procesos han de ofrecer resultados para cada objetivo 6. Determinar que procesos necesitan un mapa detallado	1. Exigencias de los clientes. 2. Flujos de información 3. Flujos físicos 4. Vinculación de flujos físicos y de información 5. Mapa completo	1. Conjunto de herramientas de dibujo de la cadena de valor detallada 2. Mapas de los procesos de actividad 3. Matriz de respuesta de la cadena de suministro 4. Embudo de variedad de productos 5. Mapa de los filtros de calidad 6. Mapa de amplificación de la demanda 7. Esquema temporal de aportación de valor	1. Utilización de las herramientas de dibujo de mapas detallados	1. Evaluación de proyectos 2. Lanzamiento del programa de cambio

Tabla 2. Pasos para la implantación lean, de Going Lean (Hines and Taylor (2000)).

<p>Fase 0 – Adoptar el paradigma lean. <i>Común con la hoja de ruta de la transición lean al nivel de empresa.</i></p>	<p>0-1. Construir la visión (algunos directivos senior). 0-2. Establecer la necesidad. 0-3. Adoptar el pensamiento lean (todos los líderes claves). 0-4. Comprometerse (primer ejecutivo y su superior corporativo, si lo hay). 0-5. Conseguir la adopción por los directivos senior.</p>
<p>Fase 1 – Preparar. <i>Se fija la estrategia, se crea el equipo de apoyo y se fijan las responsabilidades.</i></p>	<p>1-1. Vinculación con el conjunto de la empresa. (con cada area realcionada). 1-2. Crear un equipo operativo para la implantación del lean. 1-3. Estrategia de implantación (oportunidades de mejora y ventajas compet.) 1-4. Plan dirigido a los trabajadores (explicación y justificación). 1-5. Analizar los temas culturales específicos (de la organización). 1-6. Formar a las personas clave. 1-7. Objetivos (con métrica vinculadas a los objetivos de la empresa).</p>
<p>Fase 2 – Definir el valor. <i>Para el cliente de la actividad</i></p>	<p>2.1. Amplitud de la implantación inicial (un proceso o una parte de él) 2.2. Definir al cliente. 2.3. Definir el valor para el cliente final.</p>
<p>Fase 3 – Identificar la cadena de valor. <i>Conocer cuando y donde se añade valor para identificar desperdicios.</i></p>	<p>3.1. Registrar la actual cadena de valor (pasos y sus métricas). 3.2. Dibujar los flujos de producto y de información (tiempos y distancias). 3.3. Movimientos de los trabajadores (secuencia, tiempos y distancias). 3.4. Movimientos de herramientas(secuencia, tiempos y distancias). 3.5. Recopilar datos de base (costes, tiempos, calidad).</p>
<p>Fase 4 – Diseñar el sistema de producción. <i>Diseño global, teniendo en cuenta que habrá distintas fases de implementación.</i></p>	<p>4.1. Desarrollar la cadena de valor futura. 4.2. Definir el tak time. 4.3. Revisar las decisiones de fabricar o comprar. 4.4. Planificar una nueva disposición. 4.5. Incorporar a los proveedores. 4.6. Diseñar sistemas visuales de control. 4.7. Estimar y justificar costes. 4.8. Planificar el sistema de mantenimiento (TPM)</p>
<p>Fase 5 – Implementar el flujo (la producción basada en el flujo). <i>Cambio de la producción en colas a la producción en celdas.</i></p>	<p>5.1. Estandarizar. 5.2. Establecer procedimientos de control de errores. 5.3. Control del proceso (relación entre media, varación y tolerancia). 5.4. Implementar la gestión del mantenimiento productivo total (TPM) 5.5. Implementar autoinspección (entrenamiento, disciplina y diseño). 5.6. Eliminar/reducir desperdicios. 5.7. Entrenamiento transversal de la mano de obra (polivalencia). 5.8. Reducir el tiempo de puesta en marcha (sobre todo a máquina parada) 5.9. Implementar las celdas. 5.10. Implementar los controles visuales.</p>
<p>Fase 6 – Implementar el sistema pull total. <i>Ligar procesos, operaciones, celdas y proveedores en un sistema pull.</i></p>	<p>6.1. Seleccionar un sistema de control de la producción. 6.2. Luchar por el flujo de unidades individuales. 6.3. Nivelar y balancear el flujo de producción (de acuerdo a la demanda). 6.4. Conectar con los proveedores. 6.5. Disminuir los stocks existentes (lentamente). 6.6. Reasignación de los empleados (empleados entrenados en nuevas areas). 6.7. Resituar o vender activos (que hayan devenido innecesarios).</p>
<p>Fase 7 – Perseguir la perfección. <i>Implantación de la mejora continua.</i></p>	<p>7.1. Desarrollo de los equipos de trabajo. 7.2. Optimización de la calidad (six sigma). 7.3. Institucionalizar las 5S 7.4. Eventos kaizen (mapa de proceso, análisis, brainstorming). 7.5. Remover barreras (políticas heredadas, procedimientos, sist. informático) 7.6. Extender el TPM (Total Productive Maintenance). 7.7. Evaluar frente a las métricas objetivo. 7.8. Evaluar el progreso (utilizando las matrices de madurez lean).</p>

Tabla 3. Esquema del manual en el nivel de proceso de la Lean Aerospace Initiative (Crabill, et al. (2000))

El trabajo *Going Lean*, desarrollado por Hines y Taylor (2000), incide en la fase de diseño de la transformación. En la Tabla 2 se recoge de forma esquemática, esta metodología, sus principios y características. En ella, se preconiza un análisis muy amplio para afrontar una adopción lo más extensa posible. Esta metodología está especialmente concebida para el sector del automóvil del Reino Unido, cuyas necesidades están siendo muy patentes desde hace años, las cuales, recientemente, se han puesto de manifiesto con la grave crisis del último bastión “británico” de este sector, la compañía Rover.

En el marco de la *Lean Aerospace Initiative* se han desarrollado métodos a nivel de empresa y a nivel de proceso. Dado que aquí se desarrolla una metodología para una implantación inicial el nivel de proceso resulta de mayor interés. En la Tabla 3 se reflejan las etapas de acuerdo con el manual del que son autores Crabill, et al. (2000). Éstas van desde la preparación inicial a la mejora continua. Este manual está dirigido al sector aeronáutico, pero lo consideramos de indudable interés.

Los tres trabajos citados son la referencia fundamental de la metodología que aquí se describe, adaptando el procedimiento a las circunstancias y posibilidades de los casos tratados.

3.2. Revisión de la literatura

Dado que el concepto «*lean*» es relativamente reciente, la literatura que hace referencia al mismo no tiene todavía la extensión de otros campos de la producción, aunque son cada vez más los trabajos referidos al mismo. Un antecedente directo son los trabajos sobre la implantación del JIT, que recoge ampliamente Ramarapu, et al. (1995).

Buena parte de la literatura se ha orientado a los factores de éxito en la implantación (Karisson y Åhlström (1996), Motwani (2003)) y la descripción de casos (Maritan y Brush (2003) , Shields, et al. (1997)

La extensión del lean a numerosos sectores ha merecido también la atención de la literatura. Tal es el caso de la manufactura de lotes repetitivos (Burcher, et al., 1996), casos en los que los proveedores son fundamentales (Michaels, 1999, Emiliani, 2000), especificidades de la implantación en PYMES (Ramaswamy, et al., 2002), en la empresa que precisa de un gran número de empresas auxiliares Michaels (1999) o en las propias

empresas auxiliares Emiliani (2000) y también su uso en los servicios (Cuatrecasas, 2002), Swank, 2003)

El impacto sobre los trabajadores es también un campo relevante. Los aspectos de cultura de empresas son tratados por Parks (2002). Plonka (1997) y Seppälä and Klemola (2004) analizan los aspectos laborales.

Finalmente, la literatura analiza también la evolución de las técnicas lean. Ahlstrom (1998) vincula *lean* y *agile* y los considera pasos sucesivos. Relaciona su idoneidad con la variabilidad de productos y la predictibilidad. Hines, et al. (2004) analiza de modo global la evolución de las ideas sobre *lean*.

4. Desarrollo de la metodología para la implantación de un sistema *lean*.

4.1. Entorno

La experiencia acumulada y aplicada a la confección de una metodología para la implementación de la gestión *lean*, se basa en compañías que se han distinguido por:

- 1) Pertener a sectores en los que el *lean management* y, en general, las técnicas de producción avanzadas, no tienen una presencia predominante. Por ello no están sometidos a presiones por parte de los competidores, salvo los ubicados en áreas geográficas en las que los costes generados por la localización son bajos o muy bajos (salarios, terrenos, construcción, impuestos y otros). Tampoco pueden, por lo general, disponer de un *benchmarking* potente.
- 2) Su tamaño les permite disponer de un número apreciable de expertos en ingeniería de productos y procesos y una posible dedicación de cierta importancia al desarrollo de proyectos.
- 3) Independencia empresarial. La dependencia genera circunstancias diferenciadas que no se contemplarán en este trabajo.
- 4) No tratarse de grandes corporaciones, cuya problemática sería ciertamente particular y difícilmente asimilable por una compañía independiente.

- 5) Tampoco tienen dependencias fuertes de clientes concretos. De darse esta situación de dependencia, la compañía y su cliente deberían ser objeto de una metodología que plantease una implantación conjunta.
- 6) Pertenencia a sectores industriales. Aunque la gestión *lean* está siendo objeto de implantación también en los servicios, los procesos presentan, por lo general, diferencias muy importantes. En cualquiera caso la metodología aquí propuesta se adapta a la producción manufacturera, incluida la existencia de una implantación física.
- 7) Se trata de empresas cuyos procesos, antes de la conversión, funcionan con patrones de gestión convencionales, basados en producir en (grandes) lotes y apoyar la productividad en stocks de todo tipo, que aseguren la capacidad productiva.
- 8) Por lo general, se trata también de empresas de un nivel tecnológico medio. La alta tecnología tiene, también, sus propias servidumbres.

Por otra parte, las empresas candidatas a la conversión a la gestión *lean*, verán facilitado este proceso si cumplen además ciertos condicionantes:

- Las estructuras organizativas que sustentan la actividad de las compañías, es conveniente que detenten cierta flexibilidad. Son, en efecto, preferibles las organizaciones *planas* y *horizontales* en las que la comunicación sea ágil y rápida en todos los sentidos y en las que, además, la alta dirección ejerza un liderazgo decidido.
- También es muy conveniente que tengan asumida e implantada la cultura de la *calidad total* en su concepción más amplia, así como sistemas de gestión de carácter preventivo de cualquier tipo de fallos y problemas a nivel operacional.
- Por otra parte, facilita mucho la decisión de efectuar el cambio, la existencia de situaciones que lo propicien, tales como la necesidad de acortar los plazos de entrega, diversificar la producción, mejorar la eficiencia y la calidad, etc. De hecho, una situación de (grave) crisis es, con frecuencia, el detonante del cambio.

4.2. Decisiones de diseño

Las características de las empresas objeto de los programas de mejora dan lugar a una metodología propia. Hemos tomado como referencia los métodos de trabajo *Lean Thinking* (Womack y Jones, 1996), *Going Lean* (Hines y Taylor, 2000) y el manual de procedimientos de la *Lean Aerospace Initiative* (Crabill, Harmon et al., 2000).

Lean Thinking	L A I	Going Lean
<p><u>1 – Arrancar</u> Encontrar un agente del cambio (líder) Procurarse el conocimiento Encontrar una palanca aprovechando la crisis o creando una Olvidar por el momento la estrategia excelente Cartografiar sus flujos de valor Empezar tan pronto como sea posible con una actividad importante y visible Exigir resultados inmediatos Ampliar el campo de acción, tan pronto haya tomado impulso</p>	<p><u>Fase 0 – Adoptar el paradigma lean.</u> 0-1. <i>Construir la visión (algunos directivos senior).</i> 0-2. <i>Establecer la necesidad.</i> 0-3. Adoptar el pensamiento lean (todos los líderes claves). 0-4. <i>Comprometerse (primer ejecutivo y su superior corporativo, si lo hay).</i> 0-5. <i>Conseguir la adopción por los directivos senior.</i></p> <p><u>Fase 1 – Preparar.</u></p> <p><u>Fase 2 – Definir el valor.</u> 2-1. Definir la amplitud de la implantación inicial (un proceso o una parte de un proceso). 2-2. <i>Definir al cliente.</i> 2-3. <i>Definir el valor para el cliente final.</i></p> <p><u>Fase 3 – Identificar la cadena de valor.</u> 3-1. Registrar la actual cadena de valor (pasos y sus métricas). 3-2. Dibujar los flujos de producto y de información (tiempos y distancias). 3-3. Dibujar los movimientos de los operarios (secuencia, tiempos y distancias). 3-2. Dibujar los movimientos de herramientas (secuencia, tiempos y distancias). 3-3. Recopilar datos de base (costes, tiempos, calidad).</p> <p><u>Fase 4 – Diseñar el sistema de producción.</u> 4-1. Desarrollar la cadena de valor futura. 4-2. Definir el tak time. 4-3. <i>Revisar las decisiones de fabricar o comprar.</i> 4-4. Planificar una nueva disposición. 4-5. Incorporar a los proveedores. 4-6. Diseñar sistemas visuales de control. 4-7. <i>Estimar y justificar costes.</i> 4-8. Planificar el sistema de mantenimiento (TPM)</p>	<p>1. Análisis del desperdicio 2. Determinación de la dirección 3. Análisis de la perspectiva general. 4. Mapa detallado 5. Implicación de proveedores y clientes 6. Comprobación ajuste dirección, plan, aplicación</p>
<p><u>2. Crear una nueva organización</u> <u>3. Poner en práctica sistemas de explotación</u> <u>4. Concluir la transformación</u></p>	<p><u>Fase 5 – Implementar el flujo (la producción basada en el flujo).</u> <u>Fase 6 – Implementar el sistema pull total.</u> <u>Fase 7 – Luchar por la perfección.</u></p>	

Tabla 4. Identificación de las fases para las distintas metodologías incorporadas

En la tabla 4 se destacan los puntos de los distintos trabajos en que se abordan las fases de la implantación equivalentes a las que se desarrollan en la metodología objeto de este trabajo. Un aspecto común es la aproximación gradual a un enfoque de gestión más eficiente y competitivo que, por otra parte, tampoco tienen que ceñirse estrictamente a los cánones formales del *lean management*. Así, por ejemplo, no está incluida la necesidad de producir en flujo y sobre células flexibles.

Sin embargo, estos enfoques de mejora de procesos se llevan a cabo de tal modo que de facto, se impulsa la adopción real de un operativa de carácter *lean*. Las mejoras se centran, en efecto, en la eliminación de los desperdicios y la introducción de la necesaria flexibilidad, junto a la adopción del enfoque *pull* de acuerdo con los principios del *Just in Time*, en base a una voluntad decidida de cambio. Por tanto, las decisiones adoptadas no implican una renuncia a la introducción del *lean management* en la compañía. Muy al contrario, se favorece aquello que puede lograrlo.

5. Descripción detallada de la metodología y sus etapas.

El planteamiento de la metodología para la implementación de un sistema *lean* que nos proponemos pretende, como ha quedado manifiesto, implantar un sistema productivo que opere en base a los pedidos de sus clientes (enfoque *pull*), al mínimo coste (por eliminación de todo tipo de desperdicio y, por tanto, sin que para ello sea necesario acudir a las economías de escala de producto acabado o de componentes); además y como se ha expuesto, serán también objetivos de la implantación, la minimización de cualquier consumo, la rapidez de respuesta y la flexibilidad (indispensable si se desea ajustar en todo momento la producción a la demanda), así como la calidad requerida alcanzada a la primera (sin *rework*).

Todo ello, además, se pretenderá sea implantado al nivel de lo justificable y razonable. Por otra parte, las características de la implantación, supondrán, abundando en lo que nos hemos propuesto:

- 1) Eliminar de los procesos las *actividades que no aporten valor añadido (NVA)*, que se denominan en la actualidad **desperdicios** o **despilfarros** (*waste* en la literatura anglosajona y *muda* en el ámbito japonés). En concreto, el sistema productivo se

basará en el diseño e implantación de los procesos y la distribución de actividades entre el personal, que minimice los siguientes desperdicios:

- Producción de componentes o productos en volúmenes superiores a lo estrictamente necesario.
- Diseño, organización o métodos de trabajo en las operaciones de los procesos industriales, inadecuados.
- Acumulación de todo tipo de stocks derivados de la implantación y organización de los procesos industriales (los derivados del aprovisionamiento de materiales y de la distribución del producto acabado, dependerán de la gestión logística y no serán objeto de este estudio). En concreto, ha de minimizarse el stock debido a:
 - a) Operativa en lotes de transferencia excesivamente grandes (por ejemplo, material acumulado a pié de cualquier proceso)
 - b) Material preparado para entrar en operaciones cuellos de botella (que deben resolverse, en lo posible)
 - c) Distribución desequilibrada de tareas entre el personal productivo.
 - d) Falta de sincronización entre las operaciones.
- Esperas (y por tanto, pérdidas de tiempo) de los:
 - a) Materiales, que derivarán en acumulaciones de stock de los tipos citados.
 - b) Puestos de trabajo, en este caso debidas a preparaciones de máquinas excesivamente largas, suministros que no llegan o falta de sincronización.
- Transportes de materiales innecesarios, derivados de una mala distribución en planta, de una distancia excesiva entre líneas, de la utilización de lotes de transferencia inapropiados o de medios de manutención inadecuados, redundando además en problemas de calidad por una excesiva manipulación.
- Movimientos de personal innecesarios o innecesariamente largos, motivados por una distancia excesiva entre las operaciones o entre líneas o por una asignación de tareas inadecuada a cada puesto.

- Problemas de calidad o *rework* derivados de la operativa implantada. Será preciso determinar el origen (causa fuente) de cada uno de ellos: materiales provisionados, operativa en máquinas (que puede afectar a aspectos de mantenimiento), operativa de las personas y manipulaciones y transportes.
- 2) Introducir la necesaria ***flexibilidad***, derivada de la exigencia de alcanzar simultáneamente una producción adaptada a la demanda fluctuante y eliminar cualquier desperdicio en forma de producción excesiva y stock.

La posibilidad de introducir un nivel muy elevado de flexibilidad dependerá de la facilidad con que pueda cambiarse de modelo de producto y de valor del *takt time*, lo que a su vez dependerá de:

- Las posibilidades de implantar los procesos con distribuciones físicas altamente flexibles, siempre que la maquinaria e instalaciones productivas que integran el proceso lo permita (en especial cuando las medidas o la alimentación o descarga sean un condicionante)
- La capacidad y la facilidad de cambio rápido de modelo de producto o de niveles de producción, disponible en los equipamientos productivos de la planta.
- La polivalencia del personal, para poder cambiar la asignación de tareas que tengan encomendadas.

5.1. Fases del plan para la reconversión del sistema

La implantación de un sistema de producción *lean* altamente eficiente y competitivo, de acuerdo con los planteamientos y objetivos propuestos, proponemos que conste de las siguientes **fases**:

1) Recogida de datos:

Este punto es de especial importancia, dado que el éxito de la implantación dependerá, en gran medida, de la fiabilidad de estos datos.

Los datos se referirán a los **productos**, sus *referencias*, *requerimientos*, *componentes* y *tecnología*, así como los *volúmenes* previsiblemente requeridos de cada

uno, a fin de adaptar el ritmo de producción a la demanda. Asimismo serán de necesarios los datos relativos a los **procesos** y sus *operaciones, equipamientos* productivos y su *capacidad, tiempos, flujos* y otros *recursos* utilizados.

El primer aspecto a analizar se referirá a la demanda efectiva, producto a producto, tanto en tipo o referencia de los mismos, como en los volúmenes de producción. Luego, a partir del tiempo efectivo disponible para trabajar, se evaluarán los posibles niveles del **ritmo de producción** requeridos, por medio del *takt time*.

2) *Formación acerca del Lean Manufacturing*

Paralelamente a la recogida de datos y previsión de los ritmos de producción posibles, debe intercalarse una etapa de formación, en la medida de lo necesario, dirigida a las personas que han de participar en los grupos de trabajo que, por medio de *workshops*, decidirán las acciones a llevar a cabo en las distintas etapas de la implantación *lean* y sus herramientas. Concretamente, deberán cubrirse necesariamente los aspectos siguientes:

- Introducción y objetivos del *Lean Manufacturing*. Aspectos clave: valor, flujo de valor, flujo de actividades y enfoque *pull* de la producción.
- Análisis de las operaciones y su flujo: detección de despilfarros. Utilización de paneles de control de la producción para la recogida de «observables».
- Aspectos que comprende la implantación de la producción *lean* o ajustada: flujo regular y constante, equilibrado o balanceado, calidad, involucramiento, disponibilidad operacional, movimiento de materiales y operarios, organización de puestos de trabajo, diseño *lean* del producto, y diseño *lean* del proceso.
- Representación del proceso y su flujo por medio de la herramienta de gestión visual denominada *Mapa de Flujo de Valor* o *Value Stream Map*. Planteamiento y seguimiento de la transición a la implantación *lean* mediante la misma.

3) *Análisis de las operaciones y su flujo. Diagrama de flujo (flow chart):*

Basado en la determinación de las operaciones básicas para los distintos componentes de los productos. Se identificarán las secuencias posibles y las atribuciones de valor de las

operaciones. Con el *flow chart* se incluirán las secuencias de operaciones de productos y componentes.

4) *Mapa de flujo de valor (Value Stream Map - VSM) actual.*

En esta etapa se introducirá toda la información recogida y analizada hasta el momento, referida a la implantación actual (es decir, antes de proceder al cambio), en el Mapa de Flujo de Valor VSM actual, para crear una fuente de información global de la situación de partida, visualizada a través de los flujos de producto, materiales e información. Se trata de una herramienta muy importante para decidir y guiar la conversión de los procesos, a la que nos referiremos más adelante, para concretar con mayor detalle, cómo utilizarla en esta metodología por etapas.

5) *Fase de estudio:*

En esta etapa se procederá a plantear y decidir los distintos aspectos de la nueva implantación, tomando el mapa de Flujo de Valor como fuente de información y como representación de la nueva implementación. La etapa incluirá necesariamente:

- Definición y diseño de la **distribución en planta** (*layout*), a tres niveles: layout general, layout de cada proceso y layout de cada operación de cada proceso. Se determinarán las posiciones de las máquinas, estaciones de trabajo, la posición de trabajo de los operarios y el recorrido de materiales y personas.
- Descripción de las **tareas por puesto** de trabajo, con la asignación de las tareas a cada trabajador y la determinación de las actividades con valor añadido y sin él, las esperas y los desplazamientos para cada puesto de trabajo.
- **Balanceado** de operaciones y puestos de trabajo.
 - *Balance de operaciones*: basado en el análisis de las capacidades de operación para cada etapa de cada proceso. Se tratará de ajustar la capacidad productiva a la demanda, determinando los recursos necesarios de todo tipo. Se priorizará la mejora en los cuellos de botella y en operaciones con más desperdicios.
 - *Balance de puestos de trabajo*: basado en el análisis de la capacidad de cada puesto, de acuerdo con las tareas asignadas, tratándose de ajustar los recursos necesarios

para que pueda operar. Se priorizará la mejora de los puestos con tareas que incluyan más esperas, desplazamientos y desperdicios en general.

6) *Mapa de flujo de valor (Value Stream Map) futuro.*

Fruto de la etapa anterior y las nuevas implementaciones obtenidas en ella, con el VSM podrá plantearse la implantación completa del nuevo estado futuro *lean*. Con ella, se dispondrá de una fuente de información global de la situación futura, visualizada a través del flujo de producto, materiales e información. El VSM futuro, permitirá identificar los desperdicios y oportunidades de mejora residuales y así depurar la solución obtenida en la etapa anterior y ofrecer, por tanto, la mejor solución posible, a la vez que permitir que la mejora continua no tenga fin.

7) *Fase de implantación final:*

Fruto de las dos etapas anteriores, en las que se ha obtenido la solución para la nueva implantación y se ha representado y depurado posteriormente, ahora ya se podrá proceder a la determinación de las opciones de desarrollo de los procesos para distintos niveles de producción (y por tanto de *takt time*), de acuerdo con la cantidad de trabajadores, los lotes de producción, transportes, materiales en proceso (*WIP*), tiempo de proceso total o *lead time*, espacio ocupado y, desde luego, productividad.

Esta etapa incluirá la determinación definitiva de los flujos de materiales, trabajadores, elementos de transporte e información. También se decidirá el tamaño de los lotes de transferencia (*containerización*).

Con la ayuda del Mapa de Flujo de Valor, se podrá proceder a la determinación gráfica de las distintas soluciones a través de los correspondientes flujos, con aplicación de soluciones visuales tales como: etiquetas *kanban*, contenedores de los procesos, señalización visual de etapas y del proceso en planta.

La implantación *lean* obtenida a partir de un sistema productivo convencional propondrá un flujo regular y constante para los procesos, avanzando el producto en pequeños lotes o unidad a unidad. Sin embargo, difícilmente podrá alcanzarse a la primera, un flujo suficientemente regular y constante, como para que puedan eliminarse todas las acumulaciones de materiales entre operaciones, lo que se reflejará en el Mapa de Flujo de Valor obtenido, por medio de supermercados entre tales operaciones, gestionados en modo

pull. A medida que se mejore la operativa y el flujo pueda hacerse más regular y constante, el stock intermedio irá reduciéndose cada vez más, y la operación que actúa como *pacemaker* irá acercándose paulatinamente al inicio del proceso completo.

Esta etapa concluirá con la asignación de espacios para almacenamiento, entradas y salidas de material y rutas de reaprovisionamiento. Se definirán asimismo las cantidades y capacidades de los medios de transporte de materiales y productos (mantención) y los tiempos de almacenamiento.

Todas las etapas precisadas para la transición a una implantación *lean*, las cuales acabamos de exponer y, en particular, las de análisis, obtención de soluciones e implementación de las mismas, que tienen lugar tras la etapa de formación, se llevarán a cabo en grupos de trabajo constituidos por los responsables de las áreas involucradas y dirigidos por un experto en implantaciones *lean*. Reunidos mediante *workshops*, acordarán, conjuntamente, aquello que corresponda en cada etapa.

5.2. El Value Stream Map y su papel en la metodología por etapas

La herramienta de gestión visual denominada *Value Stream Map (VSM)*, es un útil de primera magnitud para la transición por etapas a una implantación *lean*, dado que considera este flujo en su totalidad y lo representa, analiza y, por supuesto, mejora, etapa a etapa.

El *Value Stream Map (VSM)* fue desarrollado por Toyota como parte de su sistema de producción, el sistema en el que se basa, por completo, el *Lean Manufacturing*. Al VSM Toyota lo llamó *Material and Information Flow Mapping*, y con él ha estado representando desde hace bastante tiempo, de forma muy visual, la situación actual y la ideal a alcanzar, para un sistema productivo a convertir en una implantación *Lean*, incluyendo los grandes flujos: el de materiales y el de información (el tercer gran flujo, el del personal, no interviene en el VSM).

La enorme difusión que está teniendo esta herramienta en la actualidad, tuvo su inicio cuando Peter Hines y Rich Nick lo dieron a conocer en su artículo “The Seven Value Stream Mapping Tools” en 1997 [26]. Pero si el *Lean Manufacturing* se basa en la consideración del flujo completo, desde el aprovisionamiento hasta el cliente y se vale de

las herramientas de gestión visual, el *Value Stream Map*, necesariamente ha de tener un papel muy importante. La figura 1 muestra los elementos que incluye la representación de un sistema productivo mediante esta herramienta, así como los posibles flujos representados.

La figura muestra un flujo que se inicia en el proveedor, continua con las operaciones o los puestos de trabajo del proceso a *mapear* (cada uno con toda la información que interese destacar), para acabar en el cliente, es decir el flujo completo del producto. El cliente, a su vez envía órdenes a la empresa y, en concreto, al control de producción y logística (PC&L), que a su vez, envía las correspondientes órdenes al proveedor, cerrando así el circuito. El flujo desde el proveedor hasta el cliente pasando por el proceso, es de materiales y el de cliente a proveedor a través del PC&L, es de información. Sin embargo, la parte de flujo de materiales puede tener (y es conveniente que tenga, tal como ocurre en el *Lean Manufacturing*) su contrapartida en un flujo de información, fluyendo en sentido contrario al de los materiales.

A su vez, PC&L, envía órdenes de producción a las operaciones o puestos del proceso representado, determinando en qué períodos deben efectuarse (que es, por tanto, un flujo de información). Un aspecto importante se refiere al volumen de material en espera de ser procesado entre dos operaciones (claramente identificado en la figura 1) así como el tiempo que este material se hallará entre las mismas.

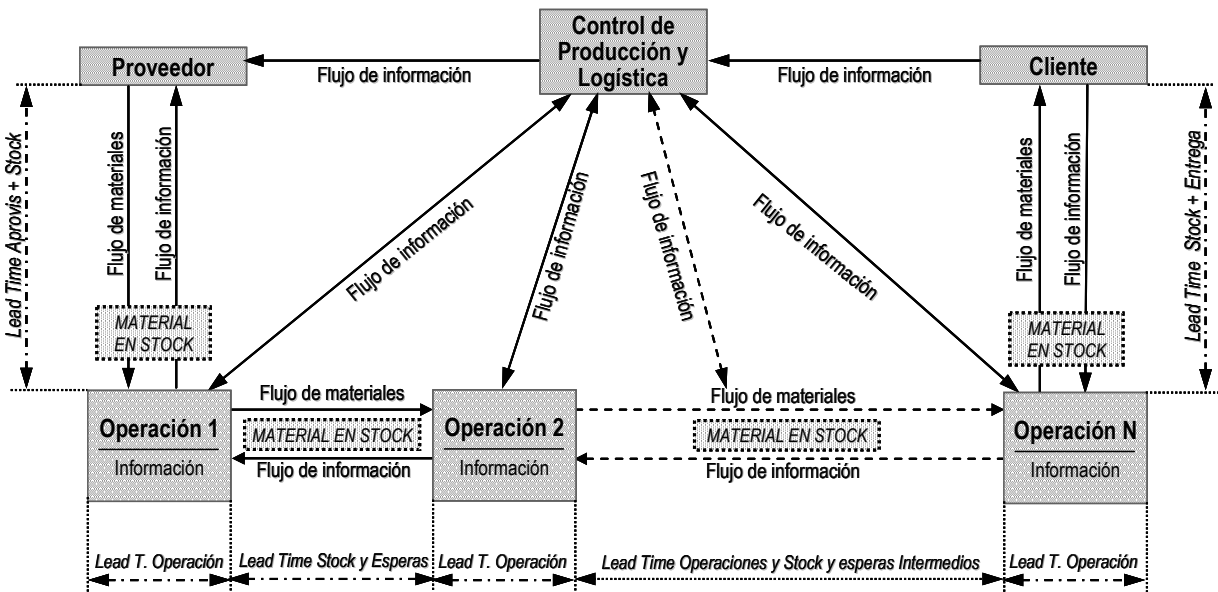


Figura 1. Elementos del *Value Stream Map*

Los tiempos de operación sobre el producto y los que éste se halla en espera por constituir un stock entre operaciones, quedan reflejados también en el *Value Stream Map*, lo que permitirá calcular, por simple suma de los mismos, el *lead time* entre proveedor y cliente, pasando por todas las operaciones del proceso.

Estos tiempos, junto al stock acumulado, serán uno de los caballos de batalla importantes en la transición hacia un sistema más eficiente, sobre todo cuando –como ocurre invariablemente en el mundo convencional– los tiempos en que los materiales se hallan en espera entre operaciones son muy superiores a los que se hallan en proceso. De ahí que el VSM sea una herramienta de primer orden en la transición al *lean manufacturing*. Las acumulaciones de stock presentes en el flujo representado en el VSM y los *lead time* entre operaciones, elementos clave de la mejora de los procesos, como acabamos de exponer, habitualmente se determinan a partir de la experiencia y empleando técnicas estadísticas. Si se identifica correctamente el stock entre dos operaciones, puede obtenerse una evaluación del tiempo total de permanencia entre operaciones, multiplicando el stock por el tiempo de ciclo de cada unidad de producto en la operación en la que debe ser procesado el mismo. Así suele determinarse esta importante información a introducir en el *Value Stream Map*.

6. Transición por etapas para un caso de procesos industriales, pilotada por medio del *Value Stream Map*.

La figura 2 muestra el *Value Stream Map* de la situación actual para los procesos de un caso de producción industrial: una planta de fabricación y ensamblaje de aparatos de reproducción de DVD. De acuerdo con lo expuesto acerca del papel del *Value Stream Map*, en la figura 2 se halla toda la información requerida acerca de tales procesos, así como los flujos de materiales y de información. La diferencia, en relación con los conceptos ya descritos, estriba en que en la figura 2 se emplea la simbología habitualmente utilizada en el VSM.

En efecto, cada puesto de trabajo (en el que hemos reunido varias operaciones) se halla representado por un rectángulo del que cuelga una tabla con la información relevante del puesto (tiempo de ciclo, tiempos de *set up*, nº de puestos, etc.). Además y, como es habitual en el VSM, los flujos de materiales se representan con flechas con fondo en

blanco y negro cuando la transferencia se hace con enfoque *push* y con fondo blanco si trata de transferencia *pull*.

Por su parte, el stock se representan por íconos triangulares acompañados de la información relativa a los mismos, aunque en el caso de los denominados *supermarkets* se utiliza otro tipo de icono como se mostrará en el VSM correspondiente a una implantación *lean manufacturing*.

Los tiempos de proceso y de esperas entre procesos que componen el *lead time* total del flujo representado, que son de una importancia capital para extraer conclusiones y enfocar las mejoras, se encuentran en una línea a dos niveles, en la que los tiempos de proceso se hallan en la parte baja y los tiempos entre tales procesos en la parte alta, de forma que puedan distinguirse correctamente unos y otros. El total de estos tiempos, viene evaluado en un recuadro situado en la parte inferior derecha de la figura.

En el caso representado en la misma, resultó un *lead time* total del flujo completo de 15,5 días, siendo el tiempo que el producto se hallaba en proceso tan solo de 546 segundos, el tiempo que está sujeto a alguna operación; el resto de los más de 15 días, se halla en esperas por diversas causas, una información visual, altamente relevante que muestra el VSM.

Introduciendo en el *Value Stream Map* la información relativa a un lote de transferencia que fluya a lo largo del proceso, para cada puesto de trabajo independientemente, el VSM permitirá visualizar el flujo completo y los valores globales de stock y *lead time*.

La transición desde el estado actual a través de los distintos estados que conducirán, por etapas, a la implantación *lean*, puede llevarse a cabo con la utilización del *Value Stream Map*, en el que se representarán progresivamente las nuevas implementaciones hasta definir en el mapa futuro final, la implantación *lean manufacturing*.

La figura 3 representa una etapa intermedia de la implantación del sistema *lean* para llevar a cabo la producción sobre puestos de trabajo que operan por medio de células flexibles y una gestión con enfoque *pull*, para el caso de los reproductores de DVD.

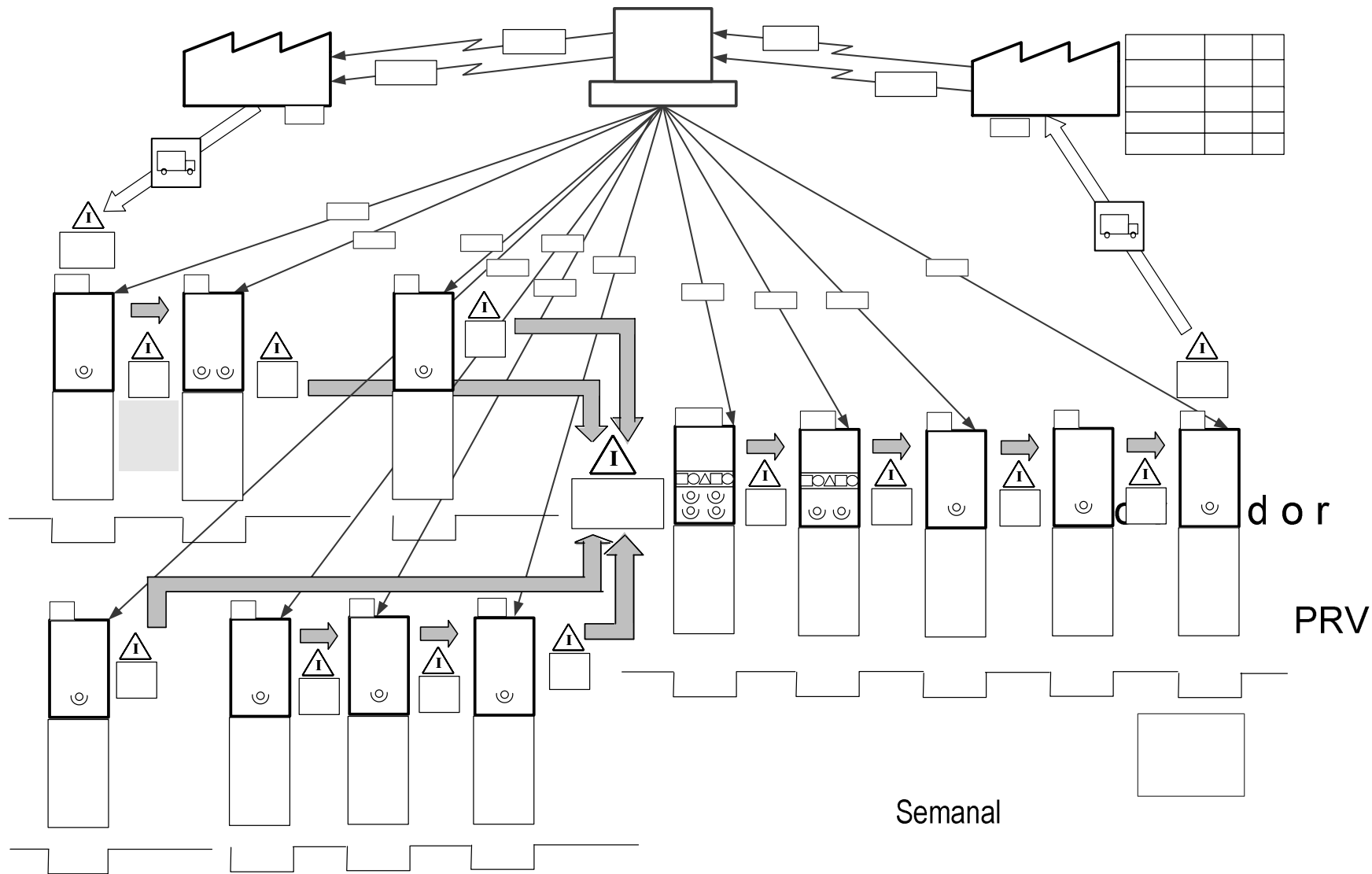


Figura 2. *Value Stream Map* de la implantación convencional (current state)

Materiales:
2.000 ud

Diario

Diario

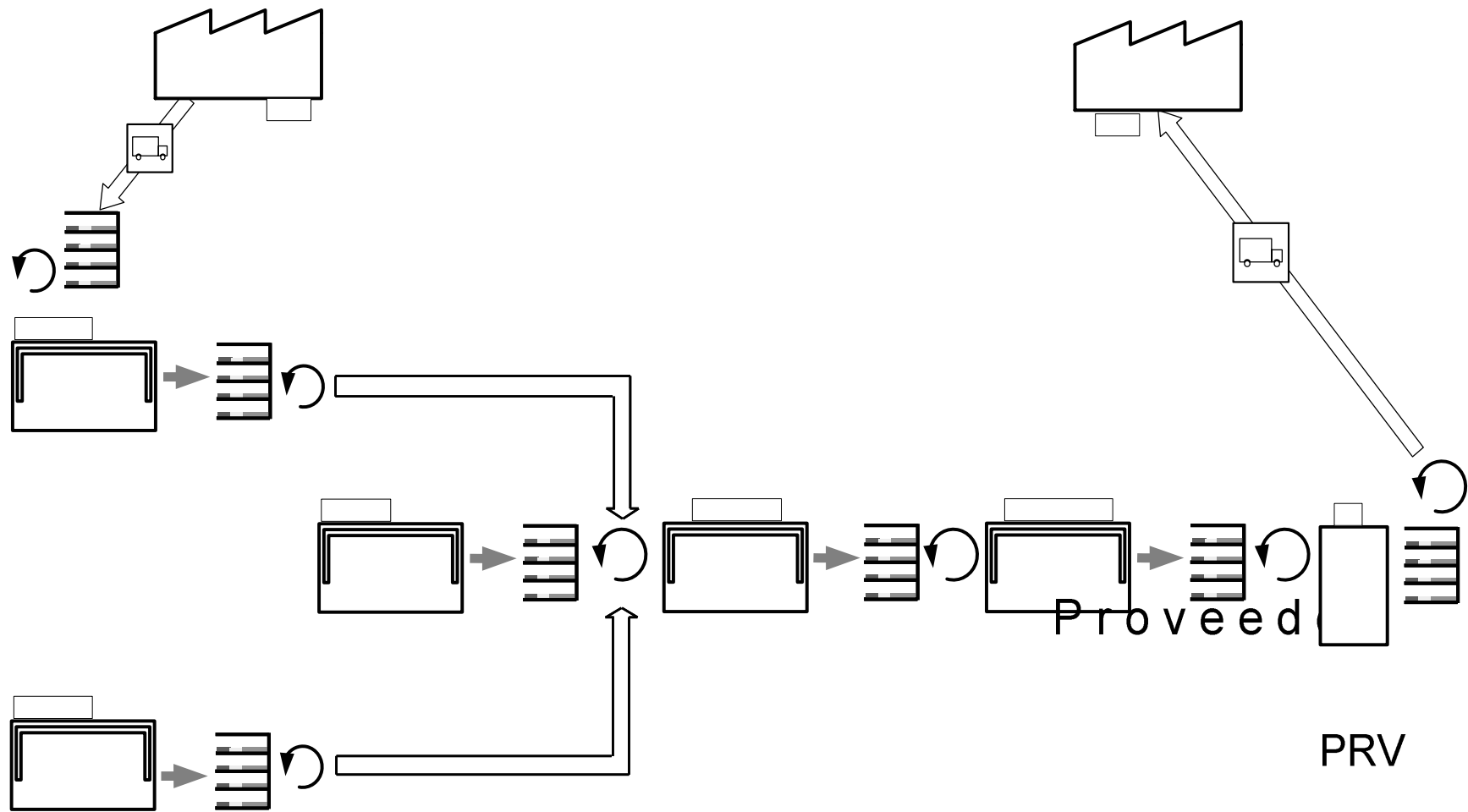


Figura 3. Planteamiento general de un sistema *lean manufacturing* en un VSM, para la producción de aparatos reproductores de DVD

La figura 4, por su parte, presenta el mapa futuro ya completo, para el caso que nos ocupa. Los valores finales del caso para la nueva implantación, la mayoría de los cuales se hallan en el *Value Stream Map*, permiten extraer las siguientes conclusiones:

- 1) El *lead time* total del lote de producción es de 7 horas (en el planteamiento convencional, se realizaba en 155 horas). La cantidad de producto correspondiente al mismo lote de producción que en el planteamiento convencional (2000 unidades), se entrega ahora en 56,3 horas, poco más de la tercera parte que en aquel enfoque).
- 2) La primera entrega –de solo 10 unidades– se realiza a los 42 minutos, menos de una hora (en el planteamiento convencional, se realizaba a las 65 horas)
- 3) El stock máximo acumulado de materiales y componentes es de 310 unidades (en el planteamiento convencional era de 4.000 unidades).
- 4) El valor medio del stock máximo de cada una de las operaciones, es ahora de 29 unidades (en el planteamiento convencional era de 713 unidades).
- 5) Los tiempos de espera del conjunto de todos los puestos, que en el planteamiento convencional ascendían a 360 horas. Con el nuevo enfoque *lean* solo suponen un total global de 8,3 horas.

Estas cifras permiten evaluar el sistema en su conjunto, para los parámetros más importantes y tomar decisiones acerca de la conveniencia del planteamiento efectuado.

Con la información concerniente a cada operación, convenientemente introducida en el *Value Stream Map*, puede completarse el mismo con el nuevo enfoque *lean*, disponiendo así de una información visual de todo el flujo del proceso y de cada una de sus operaciones y mejorar, a partir de ahí, etapa a etapa.

El mapa que hemos presentado como el del estado futuro a alcanzar, responde ya a los principios del *lean manufacturing*, al estar basado en un flujo continuo, con una operativa en flujo sobre células, respondiendo a órdenes de acuerdo con el sistema *pull*, con un proceso *pacemaker* situado al final. Sin embargo, puede observarse que, todavía muestra, aunque controlado, un stock entre operaciones, basado en *supermercados* y gestionado por un sistema *kanban*.

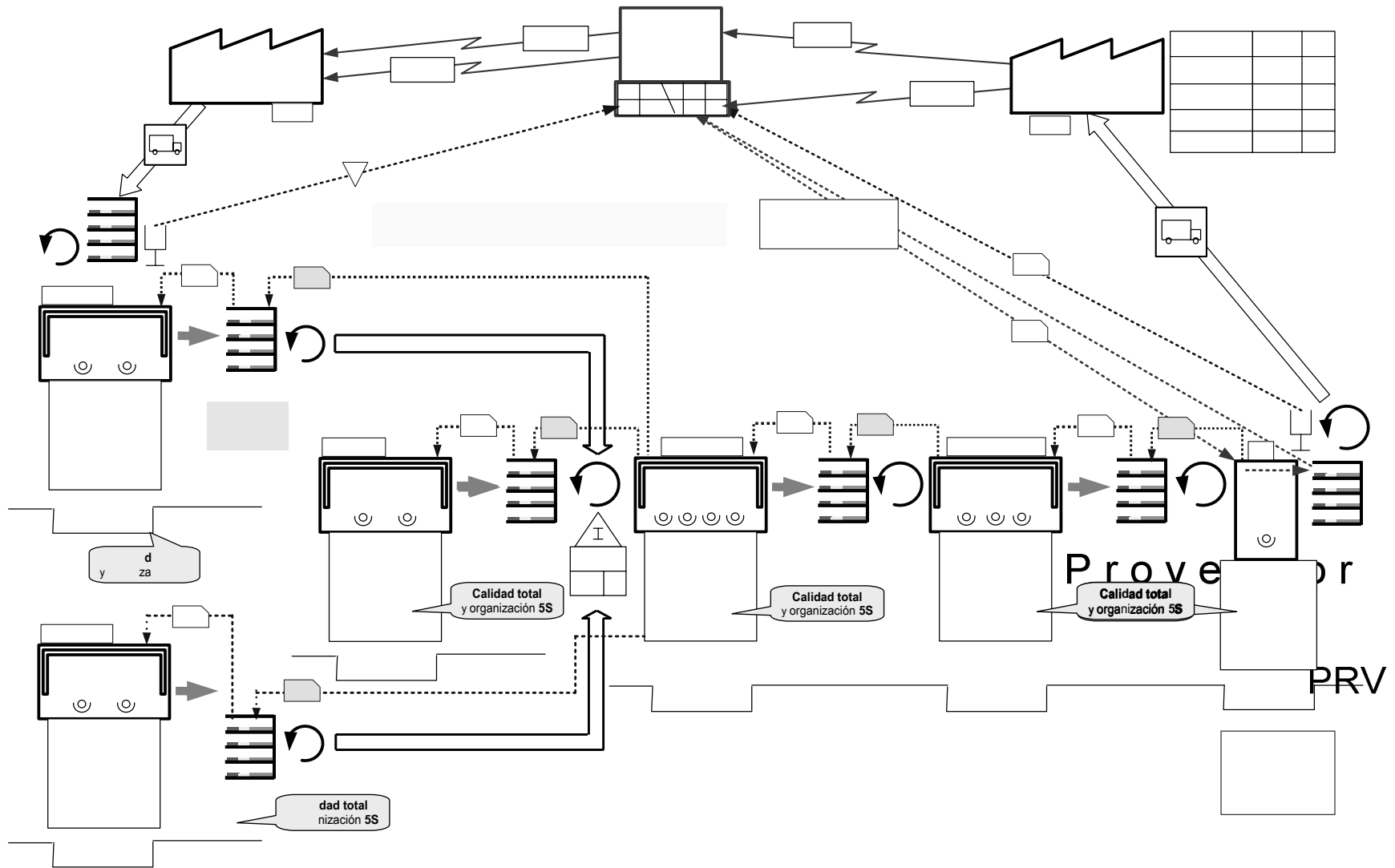


Figura 4. *Value Stream Map* de la situación futura a alcanzar, con el *Lean Manufacturing* implantado

Esto puede y debe ser así, tal y como ya se expuso a propósito de la exposición de las etapas de la metodología objeto de este trabajo, hasta tanto no se pueda establecer un flujo directo y constante entre operaciones que no requiera de los supermercados. Entre tanto se habrán de procurar las condiciones que posibiliten este flujo regular y constante, lo que supone que las distintas operaciones entreguen siempre, sin problemas, sin demora y al ritmo previsto del *takt time*, el material al proceso siguiente. Cualquier problema de suministros, calidad, mantenimiento, preparaciones de máquinas con tiempos prolongados, etc., habrá que irlo resolviendo, con el fin de ir acercándose paulatinamente al flujo perfecto.

7. Conclusiones

La implantación del *lean management* en un sistema productivo es una tarea compleja que va mucho más allá de la implementación de técnicas concretas, tales como un layout celular, una conexión vía *kanban* entre procesos o un sistema de preparación rápida con técnicas *Smed*.

De ahí que hayamos dedicado este trabajo a proponer una metodología correcta y ordenada, con una herramienta, el mapa de Flujo de Valor o *Value Stream Map*, que permite una visualización global a través de cada uno de sus elementos y su adecuada coordinación. Por otra parte hemos podido revisar planteamientos ya realizados que han sido objeto de publicaciones, así como la consideración que ha tenido el tema en la literatura de gestión de las operaciones.

Un aspecto especialmente destacable, nos parece la consideración de los resultados obtenidos aplicando correctamente la metodología, a través del caso que hemos mostrado. En efecto, el sistema resultante de la implantación, aún no suponiendo un flujo perfecto, ya que tiene intercalados stocks en forma de supermercados, ha supuesto reducciones del *lead time* del 66% al 95%, una reducción del stock en proceso del 92%, siendo así que el equilibrado ha permitido reducir los tiempos de espera en un 97%. Todo ello supondrá, con toda seguridad, mejoras muy importantes en la productividad,

en los costes y en la satisfacción de los clientes, que tendrán un producto más barato y con mayor rapidez.

8. Referencias

- [1] Ahlstrom, P. Sequences in the implementation of lean production, 16, pp. 327. 1998.
- [2] Burcher, P., Dupernex, S. and Relph, G. The road to lean repetitive batch manufacturing: Modelling planning system performance, *International Journal of Operations and Production Management*, 16, pp. 210-220. 1996.
- [3] Crabill, J., Harmon, E., Meadows, D., Milauskas, R., Miller, C., Nightingale, D., Schwartz, B., Shields, T. and Torrani, B., *Production Operations Level Transition-To-Lean Description Manual*, Center for Technology, Policy, and Industrial Development. Massachusetts Institute of Technology, 2000.
- [4] Cuatrecasas Arbos, L. Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of variability of performance, 80, pp. 169. 2002.
- [5] Emiliani, M. L. Supporting small businesses in their transition to lean production, *Supply Chain Management*, 5, pp. 66-70. 2000.
- [6] Filippini, R., Forza, C. and Vinelli, A., *Sequences of operational improvements: some empirical evidence*, *International Journal of Operations & Production Management*, Emerald, 1998, pp. 195.
- [7] Hines, P., Holwe, M. and Rich, N., *Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking*, *International Journal of Operations & Production Management*, Emerald, 2004, pp. 994.
- [8] Hines, P. and Jones, D. T. *Value stream management: strategy and excellence in the supply chain*, Financial Times Management, London. 1999.

- [9] Hines, P. and Taylor, D. *Going Lean.*, Lean Enterprise Research Centre. Cardiff Business School. 2000.
- [10] Karisson, C. and Åhlström, P., *The Difficult Path to Lean Product Development*, *Journal of Product Innovation Management*, Blackwell Publishing Limited, 1996, pp. 283.
- [11] Maritan, C. A. and Brush, T. H. Heterogeneity and transferring practices: implementing flow manufacturing in multiple plants, *Strategic Management Journal*, 24, pp. 945-959. 2003.
- [12] Michaels, L. M. J. The making of a lean aerospace supply chain, *Supply Chain Management*, 4, pp. 135-144. 1999.
- [13] Monden, Y. *Toyota production system: practical approach to production management*, Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineers, Norcross, GA. 1983.
- [14] Motwani, J. G. A business process change framework for examining lean manufacturing: a case study, *Industrial Management & Data Systems*, 103, pp. 339-346. 2003.
- [15] Parks, C. M., *Instill Lean Thinking*, *Industrial Management*, Institute of Industrial Engineers, 2002, pp. 14.
- [16] Plonka, F. E. Developing a lean and agile work force, *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 7, pp. 11-20. 1997.
- [17] Ramarapu, N. K., Mehra, S. and Frolick, M. N. A comparative analysis and review of JIT "implementation" research, *International Journal of Operations and Production Management*, 15. 1995.
- [18] Ramaswamy, N. R., Selladurai, V. and Gunasekaran, A. Just-in-time implementation in small and medium enterprises, *Work Study*, 51, pp. 85-90. 2002.

- [19] Seppälä, P. and Klemola, S. How do employees perceive their organization and job when companies adopt principles of lean production? *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 14, pp. 157-180. 2004.
- [20] Shields, J. T., Kilpatrick, A., Pozsar, M., Ramirez-de-Arellano, L. G., Reynal, V., Quint, M. and Schoonmaker, J., *Lean Implementation Considerations in Factory Operations of Low Volume/High Complexity Production Systems, The Lean Aircraft Initiative. Report Series.*, Center for Technology, Policy, and Industrial Development. Massachusetts Institute of Technology, 1997.
- [21] Swank, C. K., *The Lean Service Machine*, *Harvard Business Review*, Harvard Business School Publication Corp., 2003, pp. 123.
- [22] Womack, J. P. and Jones, D. T., *Lean Consumption*, *Harvard Business Review*, Harvard Business School Publication Corp., 2005, pp. 58.
- [23] Womack, J. P. and Jones, D. T. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, Free Press, New York. 1996.
- [24] Womack, J. P. and Jones, D. T. *Seeing the whole: mapping the extended value stream*, Lean Enterprise Inst., Brookline, MA. 2002.
- [25] Womack, J. P., Jones, D. T. and Roos, D. *The machine that changed the world*, Rawson Associates, New York. 1990.
- [26] Peter Hines and Rich Nick. The Seven Value Stream Mapping Tools. *International Journal of Operations and Production Management*, 17, núm. 1 (1997), pp. 46-64.