

Fundamentos del *Lean Manufacturing*

Nota Técnica 3.01

Dirección de Operaciones

Executive MBA

2010-2011

PROFESOR

José Ramón Vilana Arto

Para ver esta publicación, debe
disponer de JavaScript™ y de
un navegador

Esta publicación está bajo licencia Creative Commons Reconocimiento, Nocomercial, Compartirigual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Fundamentos del Lean Manufacturing

1. Introducción

El concepto original de *Lean Manufacturing* fue creado por el fabricante japonés de automóviles Toyota basado en lo que actualmente se conoce como el *Sistema de Producción Toyota (Toyota Production System, TPS)*. El objetivo principal del TPS era reducir el coste y mejorar la productividad mediante la eliminación de las actividades que no añadían valor al producto. Esta innovación surgió de la carencia de recursos en los años 50 en Japón fruto de la segunda guerra mundial y de las presiones económicas posteriores que hicieron que se acumularan inventarios y no se vendieran las unidades proyectadas, lo que llevó a Toyota a sufrir graves problemas financieros. A raíz de esta situación, en 1950, el nuevo Director General, Eiji Toyoda, estaba convencido de que tenía que introducir los sistemas de producción en masa que había visto en la planta de Ford en Dearborn, Estados Unidos, para solventar los problemas financieros de la empresa. Así pues, con esa idea en mente y con la incorporación del ingeniero mecánico Taiichi Ohno a la empresa se comenzó a fraguar lo que sería el TPS. Inmediatamente, Taiichi Ohno se dio cuenta de que implementar el sistema de producción en masa de Ford sería muy difícil para la realidad económica del Japón de aquel momento ya que este sistema de producción operaba con una gran cantidad de MUDA (despilfarro o gasto) en todas las áreas, desde el personal, el espacio y tiempo utilizados, las materias primas o el exceso de procesamiento e inventarios.

Como la simple copia del sistema de producción en masa de Ford no era posible, había que pensar en otra manera de hacerlo, y Taiichi Ohno se basó en una serie de principios fundamentales. Por un lado implantó una serie de grupos (equipos) con el fin de buscar la mejor forma de realizar las operaciones con su nueva forma de visualizar el sistema de producción. Este tipo de equipos fueron los precursores de los círculos de calidad y los equipos *Kaizen* (mejora continua). El *Kaizen* representa la plataforma base del pensamiento *Lean*. Fue introducido en el área del management por el profesor Masaaki Imai (1989) quien lo define como: «La mejora continua que involucra a todos, gerente y trabajadores por igual.» Supone un elemento organizacional en el que la participación de los empleados implica la mejora de los procesos de trabajo. Esta movilización genera un canal o un medio para que los empleados puedan contribuir al desarrollo de la compañía. De hecho, en ocasiones el *Kaizen* ha sido visto como la fuerza ética interna de cada trabajador que es capaz de resolver problemas en el día a día, plenamente convencido y de manera voluntaria, de manera que también puede entenderse como un principio armonizador del entorno con los valores de cada individuo.

Por otro lado, Taiichi Ohno se centró en trabajar en pequeños lotes, desarrollando un nuevo sistema en el que se coordinaba el flujo de partes y materiales donde cada parte o material se podía producir siempre y cuando el próximo paso del proceso lo demandara. Este sistema se conoció como *Pull System* o *Just in Time*. El instrumento clave desarrollado por Ohno fue el *Kanban* (tarjeta de información) que representaba el enlace de todo el nuevo sistema de producción.

Poco a poco, Taiichi Ohno, comenzó a desarrollar su nuevo concepto y a expandirlo gradualmente en las plantas de Toyota con un objetivo primordial: reducir costes mediante la eliminación del MUDA (despilfarro), es decir, cualquier actividad que no agregara valor al cliente y al proceso. Así consiguió recuperar grandes espacios de las plantas y almacenes de la compañía, y que sólo se almacenara o se generase el inventario de lo que se iba realmente a producir. Además, cada vez que se producía un defecto de calidad, era rápidamente detectado y eliminado, lo que ayudaba a prevenir una gran cantidad de ellos. Gradualmente el TPS se convirtió en un gran instrumento de producción y de gestión, al combinar las ventajas de los pequeños lotes de producción, la producción por pedidos del cliente (*Pull System*), la mejora continua de procesos y la calidad, y las economías de escala en fabricación y compras, generando con ello una gran dinámica de aprendizaje y crecimiento a lo largo de los años como sistema de producción, de gestión y como organización.

Durante los años 80, los fabricantes occidentales empezaron a tener un creciente interés en este nuevo sistema de producción debido al aumento de las importaciones de productos japoneses. Estaban ansiosos por conocer las causas del éxito de la industria de automóviles en Japón. En esa época, algunos autores dieron falsas impresiones sobre las causas de tal éxito al simplificarlo en una ventaja de bajos costes (debida, según argumentaban, a salarios más bajos, cambio de divisa dólar/yen o tipos de interés más bajos), diferencias culturales, uso de tecnología más avanzadas y fuertes ayudas del gobierno. Esto además condujo a otro error al simplificar en el *Just in Time* el motivo de toda la mejora de la industria japonesa. Inicialmente el concepto de *Lean Manufacturing* se introdujo como una práctica eficiente como parte del *Just in Time* (JIT) o el Sistema de Producción de Toyota. Posteriormente, el concepto del *Lean* se enfocó en la reducción de desperdicios y el valor que generaba en la cadena de suministro.

En 1985, el Instituto de Tecnología de Massachusetts (Massachusetts Institute of Technology, MIT) hizo un estudio sobre la industria de los automóviles dentro del programa internacional de vehículos motorizados (International Motor Vehicle Programme; IMVP). Las aportaciones más importantes de este programa fueron recogidas en un libro titulado "The Machine that Change the World" (Womack et al., 1990). Los descubrimientos de este estudio revelaron que el *Lean Manufacturing* era mucho más que el *Just in Time*. Se presentó como el mejor modelo en términos de mejora de la calidad y productividad en empresas industriales. Desde entonces la revolución *Lean* llegó a todas las

empresas de automóviles de Estados Unidos. También se intensificó el interés en la filosofía y el concepto del *Lean Manufacturing* debido a su superioridad global en términos de sistema de calidad, flexibilidad y respuesta rápida. Muchos estudios posteriores avalaron la factibilidad de traspasar estos descubrimientos a todo tipo de sectores industriales y países.

Womack y Jones describen el pensamiento *Lean* como la búsqueda de la perfección como antídoto contra el MUDA; es decir, se trata de una propuesta sistemática para la búsqueda de las actividades que agreguen valor al producto mediante la eliminación del MUDA en todos los aspectos de los procesos de la organización. También se focalizó, a diferencia de la producción en masa, en la importancia de las personas como pieza fundamental del modelo.



Figura 1. La Casa del *Lean* (Womack et al., 1990)

2. *Just in Time*

Dentro del *Lean Manufacturing*, un concepto fundamental es el *Just in Time (JIT)*. Es una forma de gestión constituida por un conjunto de técnicas y prácticas de organización de la producción que pretende producir los distintos productos, servicios y componentes en el momento en el que se necesitan, en la cantidad solicitada y con la máxima calidad.

Su principal objetivo es eliminar los costes originados por funciones innecesarias o calidad deficiente. Es decir, cero defectos, cero averías, cero en tiempo ocioso y cero burocracia. Para conseguir alcanzar los objetivos es necesario avanzar paso a paso basándose en la mejora continua o *Kaizen*.

Uno de los aspectos fundamentales del JIT es el cambio de sistema *Push* a sistema *Pull*. El sistema *Push* se caracteriza por los lotes de fabricación previamente planificados que empujan la

producción. Por el contrario, en el sistema *Pull*, cada proceso o cliente retira el producto o las piezas del proceso anterior a medida que las necesita. De esta forma, un centro de trabajo o servicio únicamente trabaja cuando el proceso siguiente le comunica la necesidad de hacerlo. La forma con la que trabaja este sistema es mediante el *Kanban*. Consiste en una tarjeta, contenedor o cualquier otro elemento y representa la autorización para producir o mover inventario proporcionando control e información al proceso. Sirve para regular el nivel de inventarios y la velocidad de producción reduciendo o aumentando el número de *Kanbans* o su tamaño. Si no hay *Kanban*, el sistema se para.

SITUACIÓN	PROCESO PUSH	PROCESO PULL
Estable	Se caracteriza porque los lotes de fabricación previamente planificados "empujan" a la producción	Cada proceso de la cadena de suministro retira el producto o las piezas del proceso anterior a medida que las necesita. De esta forma, un centro de trabajo o servicio únicamente trabaja cuando el proceso siguiente le comunica la necesidad de hacerlo
	Los clientes vienen y retiran sus pedidos, pero el almacén lanza pedidos según está ordenado por planificación de materiales en función de sus previsiones de la demanda	Los clientes inician el proceso: retiran el material y así el almacén final lanza nuevos pedidos a la planta. Si no hay actividad por parte de los clientes, tampoco la hay en el almacén
	Planificación de materiales establece el inventario para cada uno de los puestos de trabajo, y estos producen con independencia de los demás puestos	Los puestos de trabajo no tienen inventarios y dependen los unos de los otros para continuar la producción
	Ante una parada de uno de los puestos, los demás continúan su trabajo a pleno rendimiento acumulando inventario. La cadena continúa y el problema crece	La parada de uno de los puestos supone no realizar peticiones a puestos previos, con lo que el proceso se detiene sin incurrir en aumentos de inventario. La cadena se detiene y se prioriza su arreglo y puesta en marcha
Si baja la demanda	Una menor demanda por parte de los clientes puede provocar una acumulación excesiva de inventario. Una forma de evitarlo consiste en inundar el canal	El cliente activa el proceso. Si la demanda disminuye, todo el proceso se ralentiza.
	Los suministradores y el almacén mantienen su ritmo habitual siguiendo el plan de producción	Los puestos de trabajo adaptan su velocidad a la nueva demanda, evitando inventarios innecesarios
Si sube la demanda	Al aumentar el ritmo de compra, los inventarios de producto terminado disminuyen hasta alcanzar el stock de seguridad. Si el ritmo se mantiene, se puede llegar a una situación de ruptura de stocks.	El cliente activa el proceso de fabricación. Al aumentar su ritmo de compra, todo el proceso se acelera.
Problemas de Suministro	El departamento de compras presiona para resolver el problema y cede parte del suministro al proveedor alternativo	El sistema puede llegar a pararse mientras que, desde la planta, se colabora con el suministrador para resolver el problema
	Un suministrador experimenta problemas y acumula su mercancía, el otro aumenta su suministro para evitar el desabastecimiento	Al tener problemas, el suministrador envía mensajes hacia delante, en la cadena y la producción se para. Los clientes se nutren del stock de seguridad

Tabla 1: Comparativa de *Push* vs. *Pull*

Esta forma de gestión afecta al nivelado de las variaciones de producción y a la flexibilidad. El JIT requiere que el flujo de operaciones sea lo más uniforme posible para conseguir que resulte continuo y estable. Es necesario utilizar mecanismos que atenúen las variaciones en el corto plazo

para lograr la sincronización del proceso productivo. El nivelado de la producción se basa en fabricar variedades de productos que se ajusten a la demanda, en lugar de producir grandes series. Es necesario contar con una gran flexibilidad en los equipos utilizados, que deben servir para diferentes usos y permitir producir series cortas de forma eficiente.

El JIT no ve el inventario como un activo convertible, sino que lo percibe como un gasto que no añade valor y que representa un síntoma de una gestión deficiente. Plantea que el inventario esconde problemas que deberían ser resueltos. Ese gasto se puede eliminar de forma gradual reduciendo inventarios y resolviendo los problemas de fondo que los hacen necesarios.

3. Los cinco principios del *Lean*

Hay cinco principios rectores claves para aplicar el *Lean Manufacturing*:

a) Lo único que importa producir es lo que el cliente realmente percibe como valor. Por lo que un aspecto esencial en este principio es entender quién es el cliente (interno o externo) y qué quiere. Es decir comprender sus necesidades, expectativas y requerimientos e incorporarlos a los procesos de trabajo.

b) Cada tarea, función o actividad debe añadir valor. Hay que identificar el camino de valor con el fin de eliminar el MUDA, desde que se introduce la materia prima, se transforma, hasta que se entrega el producto terminado al cliente. El objetivo es identificar todas aquellas actividades que no agreguen valor al proceso (MUDA), con el fin de minimizarlas, modificarlas o eliminarlas del proceso de trabajo.

c) Hay que conseguir que el producto fluya continuamente agregando valor y eliminar, en la medida de lo posible, la producción por lotes (sobre todo de los lotes grandes). Para llegar a un movimiento continuo del proceso hay que eliminar los obstáculos representados en máquinas que constituyen cuellos de botella y eliminar los transportes innecesarios debido a layouts mal diseñados.

d) Introducir el *Pull System* en el proceso. Una vez se ha fijado el esquema del flujo continuo en el proceso de trabajo, hay que introducir un sistema de producción *Pull*. Es decir, producir a demanda del cliente, tratando de dar en todo momento una respuesta rápida a sus peticiones, con lo que se evita o minimiza la sobreproducción y la acumulación de inventarios.

e) Tender hacia la perfección y gestionarla. La perfección en el pensamiento *Lean* no sólo significa librar de defectos y errores los procesos y productos, también implica la entrega a tiempo de productos que cumplan con los requerimientos del cliente, a un precio justo y con la calidad

especificada. En otras palabras, la gestión de la perfección es una batalla continua para eliminar el MUDA, que nunca tiene fin, ya que reducir tiempos, costes, espacio, errores y esfuerzos inútiles es una acción permanente que toda organización debe llevar a cabo.

4. Técnicas y Herramientas Lean

Para implementar estos principios del pensamiento *Lean*, existe una variedad de técnicas y herramientas representadas en la figura 2, cuya aplicación combinada permitirá implantar con éxito un sistema Lean. Las más relevantes son:

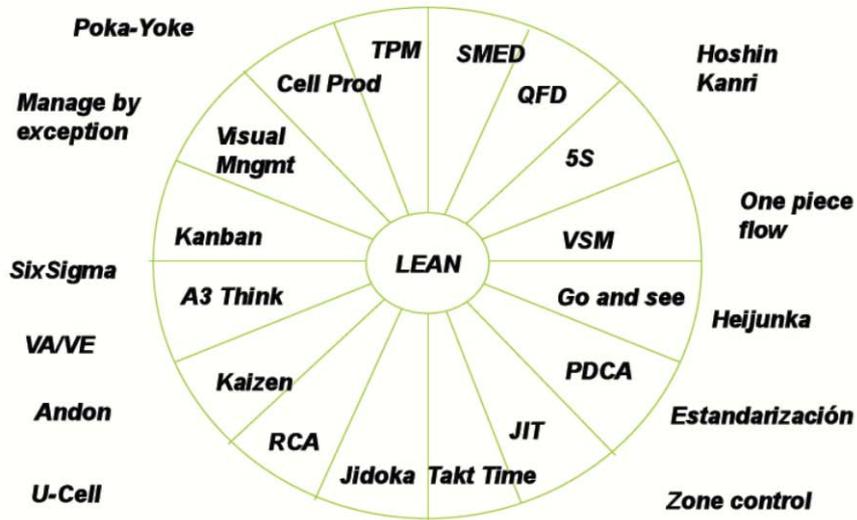


Figura 2: Técnicas y Herramientas para implementar el Lean Manufacturing (Liker, 2004)

1) *Kanban*. Es una forma de control y una de las bases de un sistema *Pull*. Es una autorización para producir o mover inventario. Si no hay *Kanban*, el sistema se detiene. Un *Kanban* puede ser un contenedor, una tarjeta, etc. Implica a un cliente y a un proveedor, y el objetivo es satisfacer las necesidades del cliente.

Time of Delivery 10:30	Storage Area A 1-1	Toyota Motors Headquarters
Ohashi Iron Works Store Shelf no. 1 - BOTTOM	Item No. 53018-60011	Identification Assembly No. 2
	Item Name RÓD S/ANY RADIATOR PRESS LH	Used in FT Car Type (1)
21	Box Type SPECIAL	50
	Box Capacity 30	
Parts-ordering Kanban		

When the Ohashi Iron Works delivers parts to the headquarters factory of Toyota Motors, they use this parts-ordering kanban for subcontractors. The number 50 represents the number of Toyota's receiving gate. The rod is delivered to storage area A. The number 21 is an item back number for the parts.

Figura 3: Ejemplo de tarjeta Kanban

2) **Eliminación del MUDA.** Taiichi Ohno definió el desperdicio o *MUDA* como todo lo que es adicional a los equipos, materiales, componentes y personal mínimo imprescindible para la producción. Hay 7 tipos básicos de desperdicio, tal y como se representan en la figura 4. El desperdicio puede resultar de la sobreproducción, tiempos de espera, transporte, inventarios, procesos, movimiento y defectos de productos. Estos mecanismos implican el trabajo en equipo y esta mejora del trabajo diario representa la forma de asegurarse de que el pensamiento *Lean* llegue a todos los trabajadores.

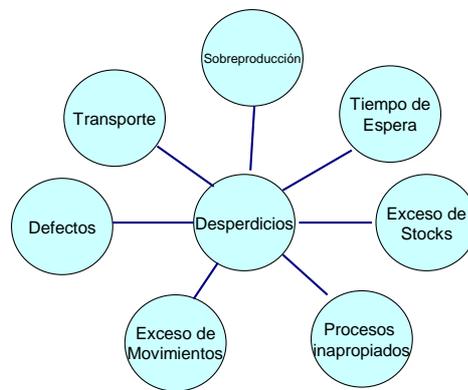


Figura 4: Los siete tipos de desperdicio (Melton, 2005).

3) **5S y control visual.** Representan los cimientos del hábito de mejora, lo cual ayuda a mantener un ambiente de trabajo organizado, ordenado, limpio y seguro.

Estas cinco "S" son:

- Seiri (organización): clasificación de los materiales según el criterio necesario/innecesario.
- Seiton (orden): poner en orden todos los materiales de trabajo en su ubicación predeterminada de forma que cualquier persona los pueda encontrar.
- Seiso (limpieza): mantener limpio el lugar de trabajo
- Seiketsu (conservación): mantener la conservación, el orden y la limpieza.
- Shitsuke (obediencia): cumplir siempre y de manera correcta las reglas de modo que se transformen en hábitos.

4) **Reducir las puestas a punto.** Tratar de conseguir que no haya que parar; y, si no es posible, en hacer que el tiempo y el impacto en la producción sean los mínimos. Uno de los mecanismos más eficaces es el *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) o Cambio Rápido de Moldes y Utillaje. Es un

mecanismo utilizado para reducir el lead time y crear un flujo continuo en el proceso cuando se realizan cambios en las máquinas.

5) **Desarrollo de proveedores.** Establecer relaciones a largo plazo con pocos proveedores con los que se establece un vínculo continuo con el fin de crear beneficios mutuos y mayor confianza. Establecer un objetivo de entrega de componentes del 100% sin defectos, en el momento y lugar que se precisen en la cantidad exacta. Trabajar conjuntamente con ellos en vez de efectuar inspecciones y establecer sistemas de información conjuntos que eliminen las barreras de comunicación y permita compartir los problemas.

6) **Creación de un flujo continuo (One piece flow).** Supone crear un flujo continuo y pausado de los productos con el fin de evitar defectos de calidad e interrupciones del proceso. La idea consiste en disponer la maquinaria, las actividades y las personas de modo que permitan crear un flujo óptimo de producción armónico que minimice el movimiento y la acumulación de inventarios.

7) **Jidoka (automatización).** El control automático de defectos (Jidoka) consiste en la utilización de equipos productivos con mecanismos automáticos de retroalimentación que detectan los defectos y se detienen, lo que permite corregir el origen del error e impide que productos defectuosos sigan adelante. Se sigue el siguiente proceso: 1) Detectar la anomalía, 2) Parar, 3) Fijar o corregir la condición anormal y 4) Investigar la causa raíz e instalar las contramedidas. Se focaliza en entender el problema y asegurarse de que no vuelva a ocurrir. Previene la producción de piezas defectuosas y promueve el compromiso de aprender de los errores e investigar hasta el mínimo incidente. Se basa en el respeto a las personas que realizan el trabajo que son las más expertas en ese proceso. Cuando una máquina se para, se para toda la línea de producción y se hace visible a toda la organización a través de una señal (Andon).

8) **Andon.** Es un signo que el operario utiliza para señalar a sus compañeros y supervisores, una situación anormal en la línea de fabricación o montaje.



Figura 5: Ejemplo de Andon

9) Pokayoke. Son mecanismos que se incorporan en el diseño de los productos y procesos para eliminar los errores.

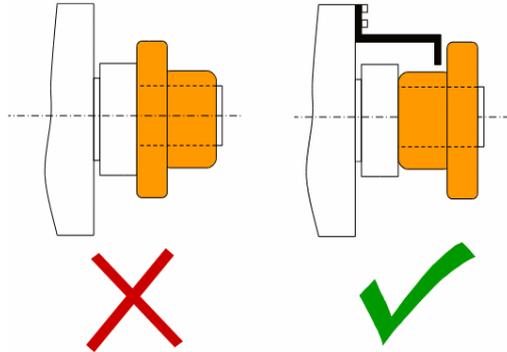


Figura 6: Ejemplo de Poka Yoke

10) Heijunka. Consiste en el equilibrado o distribución del volumen de producción para que se ajuste a la demanda del cliente. Se basa en algunas técnicas o herramientas como los lotes pequeños, la reducción de tiempo de preparación, la sincronización de las operaciones, las líneas de producción en U, la multifuncionalidad de los operarios o en eliminar el desperdicio.

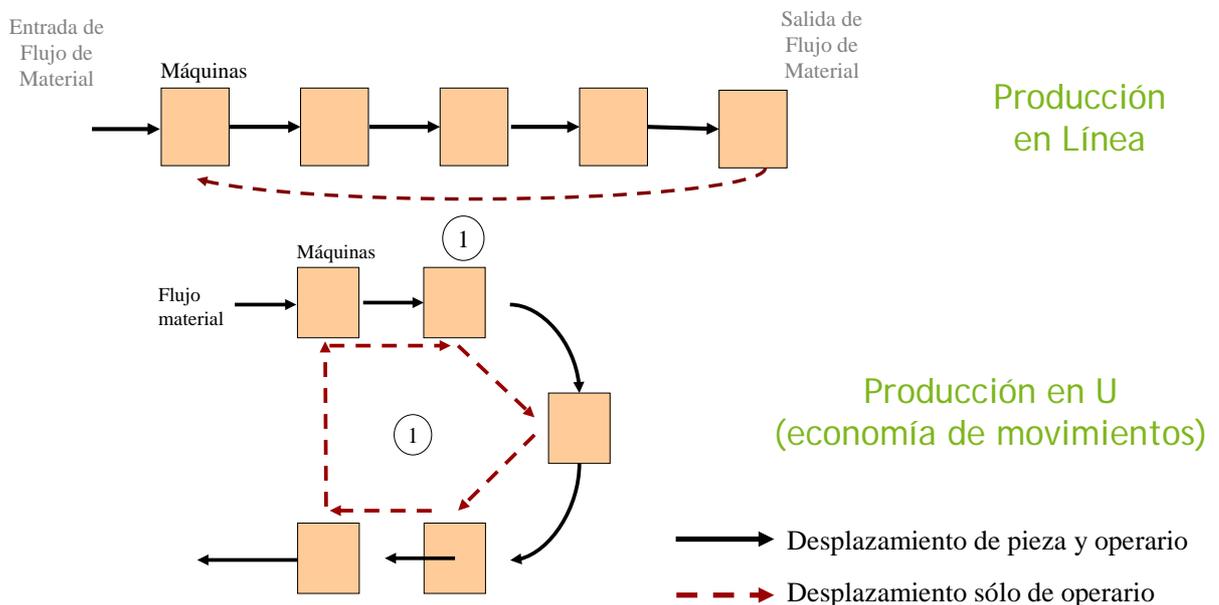


Figura 7: Producción en línea y en U

11) Calidad. Los defectos se evitan al controlar desde dentro el proceso por todos los empleados que se involucran en su mejora mediante el desarrollo de soluciones creativas y preventivas. Ya no se realizan inspecciones que no generan valor. Se basa en la filosofía de mejora continua (Kaizen),

el trabajo en equipo, la información, las mejoras compartidas, y en considerar la calidad como una actitud de la que todo el personal es responsable.

12) Diseño de células de fabricación. Organización de los procesos en forma de células de trabajo cercanas con el fin de reducir transportes innecesarios y tiempos de espera.

13) Mantenimiento Productivo Total. El propio operario se encarga de las funciones básicas de mantenimiento liberando al personal de mantenimiento para focalizarse en tareas más preventivas. Los operarios se convierten en una pieza clave al responsabilizarse de la máquina y el proceso. De esta manera se maximiza la eficiencia del equipo, se mejora la habilidad de los operarios y se reducen los costes de fabricación gracias al continuo control de las máquinas a cargo de sus usuarios.

5. Los Principios del Pensamiento *Lean*

Por último, una aportación muy interesante para entender mejor el pensamiento *Lean* fue la realizada por el profesor Liker de la Universidad de Michigan en su libro *The Toyota Way* (Liker, 2004) donde se resume la filosofía del pensamiento *Lean* en 14 principios:

1. Basa las decisiones de negocio en el largo plazo, incluso a expensas de las pérdidas financieras a corto plazo.
2. Crea un flujo de proceso continuo que saque los problemas a la superficie.
3. Utiliza sistemas *Pull* para evitar la sobreproducción.
4. Balancea la carga de trabajo (HEIJUNKA)
5. Crea una cultura de "stop the line" (JIDOKA)
6. Estandariza las tareas para poder implementar la mejora continua (KAIZEN).
7. Utiliza control visual para que los problemas sean visibles.
8. Utiliza sólo tecnologías fiables y muy probadas que ayuden a tu gente a tus procesos
9. Forma líderes que comprendan tu trabajo, vivan tu filosofía y la enseñen a otros.
10. Desarrolla personas excepcionales que sigan la filosofía de tu empresa. Respeta a tu red de suministradores y colaboradores (KEIRETSU). Ayúdales a mejorar e imponles retos.
11. Ve y comprueba las cosas por ti mismo (GENCHI GENBUTSU, GEMBA KAIZEN)
12. Toma las decisiones lo más tarde posible. Implementa las acciones lo más pronto posible.
13. Crea una organización que aprende mediante la reflexión constante (HANSEI) y la mejora continua (KAIZEN)

6. Conclusiones

Los principios del *Lean* se basan en identificar las actividades que generan valor en la cadena de suministro, la generación del flujo de valor al cliente, los sistemas *Pull* y la mejora continua hacia la perfección (Womack and Jones, 1996). Muchos autores consideran que es un concepto dinámico que evoluciona continuamente adaptándose a nuevas culturas y tipos de países. De hecho, aparte de sus efectos cuantitativos, es considerado por algunos autores como el primer sistema de producción basado en el ser humano debido a la alta participación de los empleados en la resolución de problemas y en la mejora de los procesos, sustentado en todo momento por el liderazgo de sus empleados y un continuo programa de entrenamiento en las propias áreas de trabajo.

7. Referencias

- Cusumano, M. "The Limits of *Lean* ." Sloan Management Review. Summer 1994
- Díaz, A. Quantifying *Lean Manufacturing* in Venezuelan automobile assembly plants. Proceedings of the EurOMA conference, Venice, 1999.
- Liker, J. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill
- Mayes, R. y Jaikumar, R. "Manufacturing's Crisis: New Technologies, Obsolete organizations." Harvard Business Review, Sep.-Oct. 1988
- Mayes, R. y Wheelright, S. "Link Manufacturing Process and Product Life Cycles". Harvard Business Review, Jan.-Feb. 1979.
- Shingo, S. *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Productivity Press, Cambridge, Massachusetts, 1985
- Upton, D. "What really makes factories flexible?" Harvard Business Review, Jul.-Aug. 1995
Lean production
- Womack, J. , Jones, D. y Roos, D. *The Machine That Changed the World*, 1992
- Womack, J. y Jones, D. *Lean Thinking*. Simón and Schuster, New York, 1996
- Zipkin, P. "Does Manufacturing needs a JIT Revolution?". Harvard Business Review, Jan.-Feb. 1991