

Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo

Interaction and Connections among the 5S, the SMED and Poka Yoka Techniques in Continued Improvement Processes

JUAN GREGORIO ARRIETA POSADA

Ingeniero de Producción de la Universidad EAFIT (Medellín) y Especialista en Administración de Operaciones de la Universidad de Ibagué. Profesor del Departamento de Ingeniería de Producción de la Universidad EAFIT.

jarrieta@eafit.edu.co

Clasificación del artículo: reflexión

Fecha de recepción: 11 de julio de 2006

Fecha de aceptación: 30 de abril de 2007

Palabras clave: mejoramiento continuo, *lean manufacturing*, 5S, SMED, Poka Yoke

Key words: continuous improvement, lean manufacturing, 5S, SMED, Poka Yoke

RESUMEN

En este artículo se realiza una presentación general del concepto de manufactura esbelta (lean manufacturing), su funcionamiento y características; el soporte que a este sistema otorgan tres de las técnicas de mejoramiento continuo de procesos productivos (las 5S, los sistemas SMED y los sistemas Poka Yoke), y un procedimiento recomendado para iniciar procesos de mejoramiento continuo en las empresas. Luego de describir la forma como estas tres técnicas se relacionan entre sí, se concluye que cuando en un proceso productivo se implementa una de ellas se implementan a la vez las otras dos, dadas las interrelaciones existentes entre sus etapas constitutivas. La interacción entre las técnicas mencionadas se ilustra a partir de sus puntos de coincidencia, evidentes cuando cada una se desglosa en sus etapas y pilares de implementación.

ABSTRACT

This paper presents the concept of Lean Manufacturing, its operation and characteristics, the support offered to the system by three continuous improvement techniques (5S, SMED and poka yoke systems), and a recommended procedure to start continuous improvement processes. After describing the way in which these three techniques are related, it is concluded that if a company starts the implementation of one of them, it is starting the other two too, because of the existing correlation among their consecutive stages. The correlation among the mentioned techniques is illustrated from the coincidence points, which are evident when each one is broken down in its stages and bases of implementation.

1. Introducción

Antes de explicar la interacción entre las tres técnicas de mejoramiento continuo de procesos productivos aquí analizadas (las 5S y los sistemas SMED y *Poka Yoke*) se hará una presentación general del concepto de manufactura esbelta (*lean manufacturing*) y de la estructura de trabajo propuesta para el uso de las técnicas de mejoramiento continuo de los procesos productivos, las cuales preparan el terreno para la implementación de cualquiera de estas técnicas.

2. El concepto de *Lean Manufacturing*

Para definir *Lean Manufacturing* es necesario remitirse a las investigaciones iniciales desarrolladas en el IMVP (*International Motor Vehicle Program*) del MIT, las cuales, a finales de la década del setenta, lograron descubrir las diferencias entre la producción en masa (*mass production*) de los Estados Unidos y el sistema de producción Toyota (*Toyota Production System [TPS]*) del Japón. La producción en masa implica altos volúmenes de producción, poca variedad, poca participación de los trabajadores y cero polivalencia; por su parte, el sistema de producción Toyota está basado en el mejoramiento continuo de sus actividades, los sistemas a prueba de errores, los sistemas SMED, altos niveles de estandarización y de participación de los trabajadores, pocos inventarios y controles de calidad en la fuente [1].

Como resultado de este estudio se evidenció la diferencia entre la producción en Occidente y en Oriente [2], y el mundo occidental debió entender muy bien el concepto, significado y manera de trabajo de los japoneses, para luego dar forma a lo que más tarde se denominaría *Lean Manufacturing*, cuya filosofía era bastante clara en el mundo oriental.

El término *Lean Manufacturing* se ha utilizado desde principios de la década del noventa, cuando Womack lo empezó a desarrollar en su libro *The Machine that Changed the World* [3]. Sin embargo, se tienen ejemplos de este concepto desde cientos de años atrás. Womack y Jones (citados en [4]) afirman que el concepto existe desde la época de Samuel Colt a

finales del siglo XVIII, época en la cual la intercambiabilidad de partes de sus armas era la novedad. Sipper [5] afirma que desde mucho antes existen vestigios de trabajos con técnicas de *Lean Manufacturing*, especialmente en lo relacionado con el concepto de línea de ensamble. Por otra parte, estudios arqueológicos han descubierto que en el siglo XV existían en Venecia astilleros que ensamblaban los barcos siguiendo una estructura lineal de ensamble, similar a la forma como actualmente se ensamblan los vehículos. Pero a pesar de estos antecedentes históricos, sólo hasta finales de los años setenta se empezó a discutir sobre técnicas de mejoramiento continuo de procesos productivos, para luego acuñar el término *Lean Manufacturing*.

Las técnicas de mejoramiento continuo usadas por el *Lean Manufacturing* en el mejoramiento de procesos productivos son las 5's, los sistemas SMED, los sistemas *Poka Yoke*, la fábrica visual, el desarrollo de Indicadores de Gestión (IDG), el desarrollo de procesos de *Value Stream Mapping* (VSM)¹, el Control Estadístico de Calidad (SPC), los procesos Seis Sigma y el Mantenimiento Productivo Total (TPM), con sus diferentes técnicas de trabajo y el desarrollo de programas *Kaizen*, basados en sugerencias [6]. Estas técnicas son aplicadas primordialmente en plantas de producción, aunque también han sido adaptadas a empresas de servicios.

Una de las metas estratégicas de toda empresa debiera ser aplicar técnicas de mejoramiento continuo a sus sistemas productivos e instalaciones, con la participación y el compromiso de todos los integrantes de la organización: directivos y, especialmente, trabajadores de línea. Womack y Jones [3] afirman que las técnicas japonesas de manufactura dan los lineamientos para ver las plantas de producción, desde la óptica del mejoramiento continuo y la reconversión de los procesos.

Esta perspectiva crítica de las plantas de producción en cuanto a su funcionamiento, procesos, productos, servicios hace que se identifiquen y disminuyan los

¹ Mapeo de Flujo de Valor.

desperdicios de la empresa, que son causados por reproceso, tiempo de espera, movimientos y transporte, exceso de producción, exceso de inventarios y procesamiento [7]. La clave de los sistemas *Lean Manufacturing* es lograr que quienes administran la producción trabajen de una manera sistémica, organizada e integrada, aplicando técnicas de mejoramiento continuo de procesos productivos para disminuir y eliminar el desperdicio.

El mejoramiento continuo se puede definir como: “Una filosofía de vida que con la aplicación de técnicas de Ingeniería busca la reducción constante de desperdicios y la participación continua en este proceso de todos los empleados de la planta” [8].

También como: “La disminución continua y constante de los desperdicios en las empresas” [7].

En el diagrama 1 se muestran las diferentes técnicas de mejoramiento continuo de procesos productivos comprendidas en el *Lean Manufacturing*. En el recuadro punteado se destacan las técnicas que aquí serán analizadas, y sus intersecciones simbolizan la interrelación entre ellas (esta última será desarrollada a continuación). Las flechas punteadas dirigidas desde las otras técnicas de mejoramiento continuo al recuadro significan que cada una de ellas aporta elementos que sirven de soporte para el desarrollo e implementación de las tres técnicas de mejoramiento en cuestión.

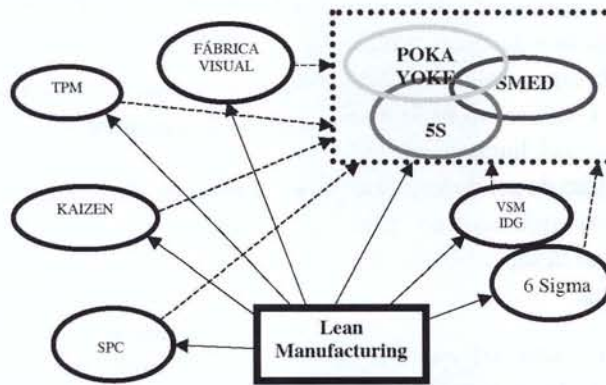


Diagrama 1. Principales técnicas de mejoramiento continuo usadas en *Lean Manufacturing*

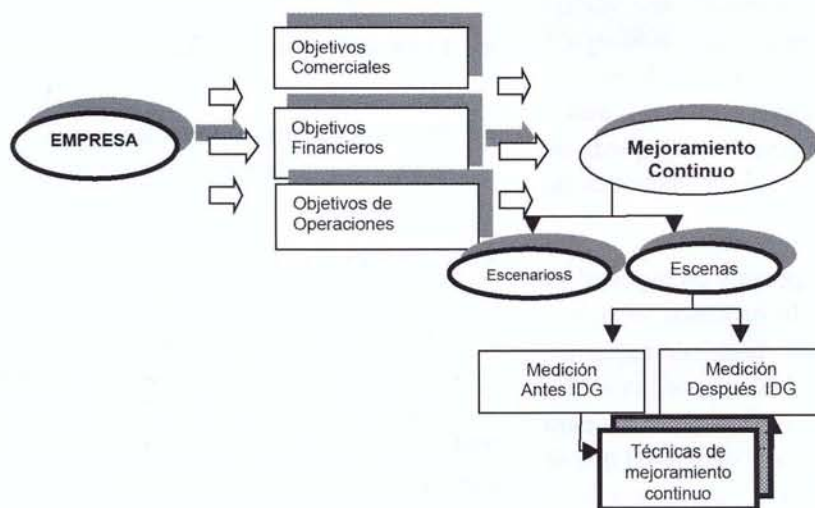


Diagrama 2. Desarrollo del mejoramiento continuo en las plantas de producción

3. Estructura de trabajo con técnicas de mejoramiento continuo de procesos productivos

Aunque las empresas tienen diferentes objetivos estratégicos de orden financiero, comercial y operacional, para aplicar con éxito técnicas de mejoramiento continuo este propósito se debe convertir en meta estratégica de desarrollo, promovida desde la alta dirección hacia y hasta la parte operativa.

Como se muestra en el diagrama 2, una vez la empresa ha definido que una de sus metas estratégicas es trabajar en el mejoramiento continuo, debe proceder a definir los escenarios y escenas que ocurren o están presentes en la planta. En su sentido original, un *escenario* es el lugar del teatro donde se representan los actores [9]; en términos de operaciones y producción éste puede ser la empresa, una de sus áreas o un centro de trabajo. Una *escena* es lo que se representa en el escenario, o el lugar en el que pasa una acción [9]; en el ámbito de producción las escenas son los eventos “raros” que ocurren en la planta, que normalmente pasan desapercibidas por todo el personal de la empresa.

Las escenas pueden ilustrarse con los ejemplos puntuales de desperdicios que Imai menciona en su libro [7]. Entre ellas se encuentran: almacenamiento temporal; averías de máquinas y equipos; esperas por el material para trabajar; observación del funcionamiento de una máquina; introducción de cifras en un computador; recuento de piezas; transporte de piezas por grandes distancias; movimiento y cargue de objetos pesados; búsqueda de herramientas; caminantes de planta²; faltantes de piezas; defectos y reprocesos.

Todo el personal de una empresa y en especial su director de mejoramiento de procesos se deben volver cazadores de escenas; luego de hallarlas, deberán medirlas y eliminarlas. La medición deberá hacerse con el uso de IDG y el VSM, para determinar si cada escena y cada operación que se realiza en el proceso productivo añade o no valor a

² Se trata del personal que camina todo el día y cuya tarea no es propiamente esa.

la tarea efectuada [10]. En seguida se podrán tomar acciones correctivas y preventivas sobre aquellas operaciones que no agregan valor, hasta lograr eliminarlas.

Los IDG más usados en evaluación de escenas son: costo de mano de obra utilizada, tiempo invertido en búsqueda de cosas, porcentaje de área utilizado, cantidad de unidades almacenadas y porcentajes obtenidos con base en los resultados de otros indicadores; por ejemplo: tasa de defectuosos. Estos indicadores se deben evaluar para cada escena, y, de esta forma, evaluar las repercusiones que ella genera en el proceso productivo.

3.1. Puntos de chequeo para la detección de las escenas

Se debe prestar especial atención a los siguientes puntos de chequeo:

- Cambios de referencia y tiempo asociado a éstos.
- Pasillos y puntos de bloqueo en ellos.
- Organización del trabajo de planta, en lo referente al grado de autonomía y polivalencia de los trabajadores.
- Condiciones ergonómicas y de seguridad para la realización del trabajo.
- Cuellos de botella o demoras en los flujos de producción.
- Procesos de cargue y descargue de vehículos en almacenes, demarcación de éstos y de la planta, en general.
- Reprocesos o fallas de calidad en la producción.

Uno de los principales apoyos para la detección de escenas en planta es la realización de análisis de flujos de materiales [11], utilizando los diagramas tradicionales de la Ingeniería Industrial, por ejemplo: diagramas de recorrido [12].

3.2. Grupo de trabajo para la determinación de las escenas en la planta

La teoría del Kaizen [7] establece que para buscar escenas se emplean pequeños grupos de personas, autónomos y voluntarios; ellos exploran todos los escenarios de la planta, y una vez encuentran escenas aplican sobre ellas

las técnicas de mejoramiento continuo. Cada grupo debe estar constituido por: el director de mejoramiento continuo, que normalmente pertenece al área de calidad o al departamento de producción; el supervisor del área por evaluar; una persona del área de mantenimiento, y cinco o seis operarios de la sección en evaluación.

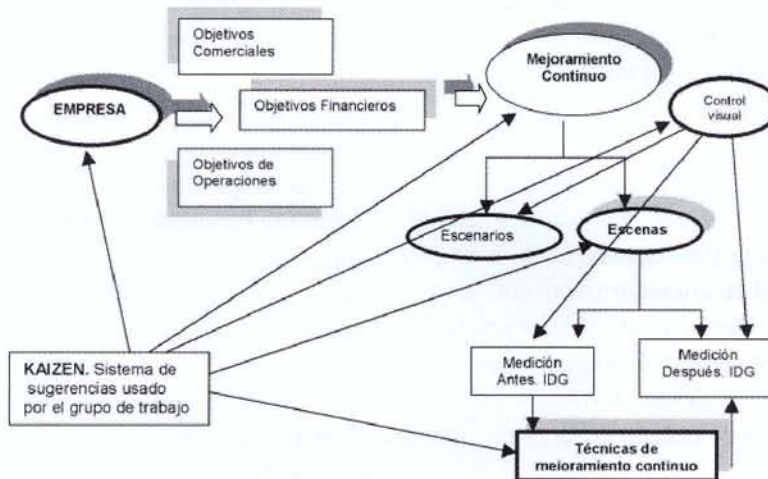


Diagrama 3. El sistema Kaizen y las escenas

El diagrama 3 muestra que los sistemas de sugerencias evidencian escenas en los diferentes escenarios de la planta; en ellos los trabajadores de la sección informan lo que en verdad ocurre en el sitio de trabajo. En esa medida, este tipo de sistemas se constituyen en un apoyo a la gestión de la empresa; ponerlos en marcha debería ser un objetivo de trabajo en las empresas que buscan introducirse en el campo del mejoramiento continuo.

Luego de realizar la tarea de medición de escenas y de establecer si ellas agregan o no valor al proceso productivo se deben presentar alternativas de solución a los problemas identificados usando las técnicas de mejoramiento continuo; estas alternativas deben ser acompañadas del correspondiente análisis técnico, económico y financiero que, aunque es una etapa compleja, permite determinar la viabilidad de su implementación. Los resultados obtenidos a

partir de las propuestas implementadas se muestran al grupo de trabajo y a toda la empresa en general, usando gráficos de barras que representan las metas y su grado de cumplimiento en el tiempo definido por la dirección.

El proceso será exitoso si existe motivación entre directivos y trabajadores y si se desarrollan acciones de retroalimentación, entrenamiento y capacitación que busquen la polivalencia operativa y el bienestar del operario, considerando que todas las tareas son a mediano y a largo plazo [13]. Adler [14] afirma que el *Lean Manufacturing* y sus técnicas no necesariamente son más motivantes para el trabajador, especialmente en procesos de fabricación en masa, pero sí pueden hacer el trabajo más agradable y llevadero, puesto que se mejoran las condiciones de su puesto de trabajo y, por consiguiente, se motiva la realización de sugerencias por parte de los

empleados. La dirección es la que debe lograr que las actividades de búsqueda, hallazgo de escenas y mejoramiento sean un reto constante y no una tarea monótona.

4. 5S, sistemas SMED y Poka Yoke. Interrelación y estructura de trabajo propuesta

Una vez identificadas las escenas es necesario seleccionar la técnica de mejoramiento continuo con la que se debe empezar a trabajar para facilitar la mejora deseada. Las diversas técnicas tienen elementos de trabajo en común y, aunque no es obligatorio tener un orden predefinido para implementarlas, es recomendable iniciar la ejecución con las 5S. El sistema de producción Toyota hace énfasis en el control visual, el cual se encuentra apoyado en las 5S [15]; asimismo, Dixon et al. [16] afirman que ésta es la primera técnica de mejoramiento continuo que los directivos deben desplegar a los miembros de sus equipos de trabajo de la empresa para su implementación.

4.1. Las 5S

Son una técnica japonesa para el mejoramiento de procesos que consta de cinco pilares, a saber:

- Separar lo necesario de lo innecesario.
- Definir un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.
- Hacer limpieza con inspección de mantenimiento en el sitio de trabajo y en las máquinas.
- Estandarizar los procesos y diseñar mecanismos o dispositivos para que no se tengan que hacer las tres tareas anteriores.
- Generar una cultura de disciplina que haga que se mantengan los cuatro pilares anteriores y se continúe buscando la mejora³.

Cada uno de los pilares de las 5S involucra tareas y responsabilidades diferentes [8] y deben ser aplicados a cada escena y escenario que el grupo define para trabajar. En síntesis, se recomienda empezar a trabajar con las 5S, porque esta técnica de producción genera el mayor impacto visual y alista el terreno para el montaje de técnicas más puntuales [18].

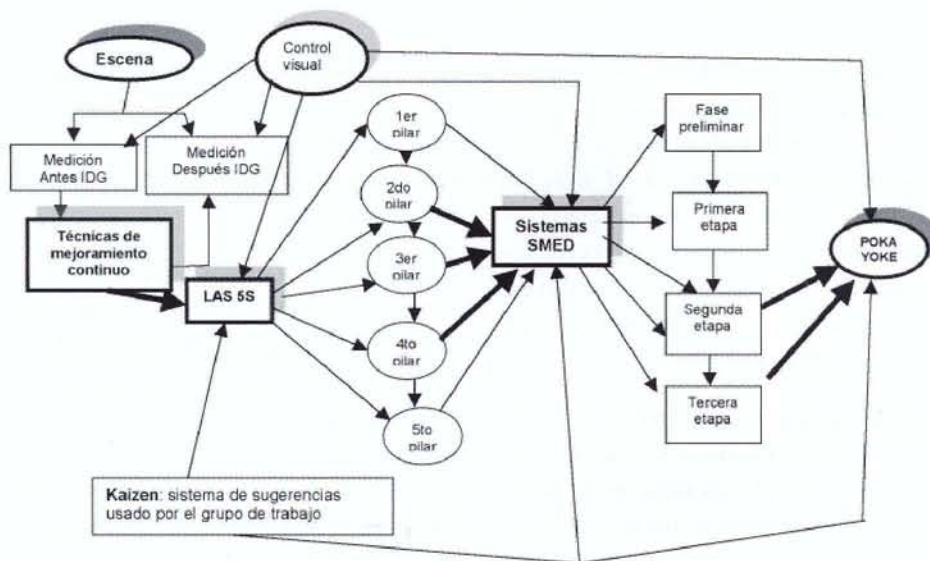


Diagrama 4. Despliegue de las técnicas de producción a partir de las escenas

³ Si se desea información más detallada sobre el trabajo con las 5S se puede consultar [17]. Allí se explica con claridad cómo las 5S soportan el justo a tiempo y las técnicas de mejoramiento continuo.

Por lo tanto, las 5S son los pilares para el trabajo con técnicas más metódicas y concretas que no se aplican en toda la planta, sino a una máquina o estación de trabajo, como los sistemas SMED y los sistemas *Poka Yoke*. El diagrama 4 muestra con flechas resaltadas la interrelación entre esas tres técnicas de mejoramiento continuo y las fases o etapas de cada una que son usadas por las otras dos. Cuando una empresa ha identificado las escenas de producción y ha desarrollado la estrategia de las 5S ha efectuado ya mucho del trabajo con las otras técnicas de producción, por ejemplo, buena parte de los sistemas SMED [19].

4.2. Los sistemas SMED

SMED significa *Single Minute Exchange of Dies* o cambio de dispositivos en minutos de un solo dígito. Esto quiere decir que bajo su filosofía, los cambios de referencia y los montajes no pueden demorar más de 9 minutos y 59 segundos. La técnica se puede dividir en cuatro etapas:

- Fase preliminar: consiste en describir con claridad las operaciones del cambio de referencia.
- Primera etapa: separación de las operaciones internas y externas.
- Segunda etapa: conversión de las operaciones internas en externas.
- Tercera etapa: mejoramiento de los elementos internos y externos [20].

Los pilares 2, 3 y 4 de las 5S son los soportes más importantes que puede tener el sistema SMED. Las formas de trabajo de estos pilares coinciden completamente con la segunda y tercera etapas del SMED.

4.3. Los sistemas *Poka Yoke*

Significan el desarrollo de mecanismos y/o dispositivos para la obtención de cero defectos en los productos que fabrican la empresas [15]. Tienen una fuerte relación con las 5S y con los sistemas SMED y, en consecuencia, también se desarrollan a la par.

Una de las situaciones más comunes de las plantas de producción son los cambios de referencia; en esta operación, los sistemas SMED, las 5S y los sistemas *Poka Yoke* evidencian todas sus interacciones. Por ejemplo, uno de los mayores tiempos invertidos en un cambio de un molde, troquel de estampación o cualquier otro dispositivo que implique su desmonte de la máquina es la preparación de herramientas y dispositivos para el montaje y desmontaje. Con la aplicación de las 5S estos tiempos se reducen casi a cero, dado que todo lo que se necesita se prepara con antelación, se encuentra a la mano y en condiciones adecuadas de operación. Esta circunstancia se logra mediante la implementación de dispositivos *Poka Yoke*, que evitan el uso de elementos sin condiciones de trabajo adecuadas agregando, por ejemplo, mecanismos de contacto que garanticen el nivel correcto de posicionamiento entre el molde y su bancada de apoyo; esto es justamente lo que los sistemas SMED determinan que se debe hacer en su segunda y tercera etapa [20].

Ejemplos adicionales de interrelación de las técnicas se presentan a continuación:

- El cuarto pilar de las 5S: esto es, la limpieza estandarizada que, a su vez, implica el desarrollo de equipos y mecanismos para no tener que limpiar, organizar ni ordenar. Para este último propósito se pueden usar dispositivos de almacenamiento de herramientas que tengan la característica de soltar con vuelta a posición⁴; la tarea y el mecanismo que lo permite se convierten en un sistema *Poka Yoke* que evita el desorden en el sitio de trabajo. Los sistemas SMED se visualizan en este ejemplo en su etapa número tres que define que los elementos internos y externos de operación deben ser mejorados. Como resultado, el desarrollo y utilización de un mecanismo o dispositivo contribuye a la implementación de las tres técnicas de mejoramiento continuo de procesos productivos.

⁴ Se trata de dispositivos que, por medio de resortes, hacen que las herramientas vuelven a su sitio original.

- Uno de los errores más comunes en las plantas de producciones es almacenar herramientas en lugares que no corresponden. Las 5S exigen que todo esté demarcado y/o silueteado, para que cada cosa esté en su lugar y haya un lugar para todo en el centro de trabajo (segundo pilar). Un sistema *Poka Yoke* típico que se puede usar para evitar este error es el uso de guías, por ejemplo: tableros de contornos que sirven para poner las herramientas en el lugar correcto. Cuando se implementan las mejoras 5S y los dispositivos *Poka Yoke* se reducen los tiempos de búsqueda de herramientas, lo cual redundará en disminución de tiempos de montaje, objetivo último de los sistemas SMED⁴.
- Los sistemas SMED y los sistemas *Poka Yoke* se encuentran relacionados en las etapas dos y tres del primero de ellos, los cuales consisten en convertir las operaciones internas en externas [20] y en mejorar los equipos, mecanismos y dispositivos empleados en estos dos tipos de operaciones. Por ejemplo, cuando se ponen visores en una tolva de surtido de materia prima de una máquina para poder detectar el momento en que ésta se va a terminar es un sistema *Poka Yoke* y a la vez apoya la filosofía de trabajo bajo los conceptos SMED, pues evita que la máquina se detenga por falta de material para trabajar. El visor también se puede considerar un elemento de control visual asociado a los pilares dos y tres de las 5S, que buscan facilitar las labores de inspección en la máquina.

Las relaciones presentadas en este artículo describen la manera como las técnicas de mejoramiento continuo se interconectan y se relacionan; éstas son resumidas en el diagrama 4. Por otra parte, estas técnicas no son desconocidas desde el punto de vista teórico, pero en la práctica no son aplicadas rigurosamente; esta afirmación se soporta en el hecho de que las empresas no desarrollan un hilo conductor que integre los trabajos de mejoramiento realizados usando las tres técnicas de mejoramiento continuo de los procesos productivos [22].

⁴ Mayor información sobre los sistemas *poka yoke*, aplicaciones y ejemplos se pueden consultar en [21].

En general, las empresas se quedan estancadas en las etapas iniciales de la implementación de las técnicas de mejoramiento continuo; en consecuencia, no se profundiza en ellas ni se logra su integración. A manera de ejemplo, una situación muy común ocurre con la implementación de las 5S; dado que se piensa que son las más rápidas y fáciles de implementar, las empresas consideran que el trabajo con ellas sólo consiste en volver la planta presentable, sin que se desarrollen trabajos de mayor profundidad, como la evaluación de los tiempos de cambio de referencia o el análisis de los problemas de mantenimiento y operación de los equipos.

Finalmente, vale señalar que en la mayoría de casos las empresas consideran que no tienen escenas en sus plantas y que el trabajo de buscarlas, evidenciarlas y eliminarlas usando técnicas de mejoramiento continuo no es procedente y consume más recursos de los necesarios o se consideran tareas no tan importantes ni prioritarias en un momento de tiempo dado [22].

5. Conclusiones y recomendaciones

- Existe una metodología para desarrollar elementos de mejoramiento continuo y para integrar sus técnicas. Para la dirección de producción éste debe ser el punto de partida para abordar el mejoramiento de los procesos productivos.
- La planeación del trabajo de mejoramiento que se va a realizar debe considerar la necesidad de: a) capacitar al personal en temas de *Lean Manufacturing* y mejoramiento continuo; b) seleccionar un director del proyecto de mejoramiento; c) visitar los diferentes escenarios de la planta buscando escenas; d) seleccionar el área con mayor cantidad de escenas relevantes con base en los resultados de los IDG y los análisis VSM; e) implementar las 5S en el área escogida; f) medir los resultados de la gestión realizada; g) profundizar en los pilares de la técnica; h) avanzar hacia las otras técnicas de mejoramiento continuo, que apuntan mucho más a problemas específicos.

- Uno de los principales problemas de la implementación de técnicas de mejoramiento continuo es el desconocimiento de sus interrelaciones. En consecuencia, se desaprovechan las fortalezas de cada una, cada técnica se trabaja en forma aislada y se dejan de lado los elementos conectores de ellas [22].
- La formación y delegación de responsabilidades al personal de producción es vital para la implementación adecuada de las técnicas de mejoramiento continuo; el mejoramiento depende de los operarios, con una adecuada guía y apoyo de la dirección [23].
- El futuro de estas técnicas de mejoramiento se encuentra fuera de las empresas. Esto significa que se debe trabajar con intensidad en toda la cadena de abastecimiento (*Collaborative Supply Chain Management*) [24]. Se pretende desplegar este tipo de técnicas a los clientes y proveedores de una empresa, para que el mejoramiento se replique en toda la cadena de abastecimiento en forma integral y sistémica.
- Para que una empresa pueda disfrutar de los beneficios del mejoramiento continuo debe evaluar con frecuencia las debilidades y fortalezas de los procesos que efectúa para tal fin; entonces, el auto-examen es el factor clave de éxito [25].
- Las organizaciones que han tenido éxito al aplicar sistemas de *Lean Manufacturing* tienen

tres cosas en común: a) una cuidadosa y bien diseñada red de relaciones de cooperación entre los integrantes de la organización; b) un sistema de actualización continua de los trabajadores en aspectos técnicos y teóricos de las técnicas de mejoramiento; c) en forma sistémica, aplicar constantemente y en toda la organización y sus procesos mejoras de calidad, tiempos de entrega, costos y flexibilidad [26].

Afortunadamente cada vez más se ve la necesidad de profundizar en estos temas de mejoramiento de procesos y en el hecho de pensar en ver la empresa como un sistema abierto en el cual todos los sistemas y elementos están completamente interrelacionados y organizados formando un todo unitario y desarrollando una serie de funciones que buscan la consecución de los objetivos globales de la compañía [27].

- Una empresa que integre sus técnicas de mejoramiento continuo está cada vez más cerca de lograr que su sistema de manufactura se constituya en una ventaja competitiva. Estas técnicas permiten explorar las debilidades corporativas, especialmente en aspectos productivos y motivacionales; estos últimos son la base que hace que el proceso de mejoramiento se irrigue a todo el personal y se logren los objetivos de trabajo, con el fin de obtener mayores niveles de productividad en todas las áreas.

Referencias bibliográficas

- | | |
|--|--|
| <p>[1] Fujimoto, T. (1999). <i>The Evolution of a Manufacturing System at Toyota</i>. New York, Oxford University Press.</p> <p>[2] Krafcik, J. F. (1988). "Triumph of the Lean Production System". <i>Sloan Management Review</i>, Vol. 30 (1), pp. 41-52.</p> <p>[3] Womack, J. P., Jones, D. T. (1990). <i>The Machine that Changed the World</i>. Rawson Associates, New York.</p> <p>[4] Howleg, M. (2006). "The Genealogy of Lean Production". <i>Journal of Operations Management</i> (in press). Disponible en: http://www.sciencedirect.com</p> <p>[5] Sipper, D., Bulfin, R. (1998). <i>Planeación y control de</i></p> | <p><i>la producción</i>. Ed. Mc. Graw Hill, Cap. 1.</p> <p>[6] Shah, R., Ward, P. (2003) "Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles and Performance". <i>Journal of Operations Management</i>, pp. 129-149</p> <p>[7] Imai, M. (1998) <i>Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo</i>. Bogotá, Ed. Mc. Graw Hill, caps. 1-2, 4-6.</p> <p>[8] Arrieta, J. G. (1999). "Las 5S, pilares de la fábrica visual". <i>Revista Universidad EAFIT</i> (114), pp. 35-48.</p> <p>[9] García, R. (1964). <i>Diccionario Pequeño Larousse Ilustrado</i>. Ed. Larousse.</p> <p>[10] Hall, P, High, M., McNaughton, A., Sharma, B. (2001). <i>Lean Manufacturing. A Plant Floor Guide. Mapping</i></p> |
|--|--|

- the Value Stream*. Society of Manufacturing Engineers, Cap. 4.
- [11] Santos, J., Wusk, R., Torres, J. (2006). *Improving Production with Lean Thinking*. Wiley, New Jersey, Cap. 1.
- [12] Oficina Internacional del Trabajo (1995). *Introducción al estudio del trabajo*. Limusa, México, p. 112.
- [13] De Treville, S., Antonakis, J. (2006). "Could Lean Production Job Design be Intrinsically Motivating? Contextual C, configurational and Levels of Analysis Issues". *Journal of Operations Management*, pp. 99-123
- [14] Adler, P. S. (1993). "Time and Motion Regained". *Harvard Business Review*, pp. 97-108.
- [15] Shingo, S. (1990). *El sistema de producción Toyota*. Productivity Press, pp. 21-25, 280-285.
- [16] Dixon, R., Raymer, D., Stewart, D. (2001). *Lean Manufacturing a Plant Floor Guide*. SME. Society of Manufacturing Engineers, cap. 19.
- [17] Hirano, H. (1989). *Jit Factory Revolution. A Pictorial Guide to Factory Design of the Future*. Productivity Press.
- [18] Arrieta, J. G. (2004). "Estudio de las mejores prácticas de manufactura conocidas como herramientas de producción aplicadas al sector metalmecánico de la ciudad de Medellín". *Revista Universidad EAFIT*, Vol. 40 (133), pp.106-119.
- [19] Davila, J., Pineda, J. (2005). *TPMLatino. Cómo mejorar la productividad en su organización*. Monografía Especialización en Alta Gerencia, Universidad de Medellín.
- [20] Shingo, S. (1997). *El sistema SMED. Una revolución en la manufactura*. Portland, USA: Productivity Press.
- [21] Shingo, S. (1988). *Zero Quality Control. Source Inspection and the Poka Yoke. System*. Productivity Press.
- [22] Velandia, M., Osorio, A., Restrepo, A. (2001). *Estudio de las mejores prácticas en manufactura conocidas como herramientas de producción aplicadas en el sector metalmecánico de la ciudad de Medellín*. Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero de Producción, Universidad EAFIT.
- [23] Hart, H., Berger, A., Lindberg, P. (1996). *Continuous Improvement - Yet another Tool or a Part of the Work in Goal Oriented Teams?* Arbetslivsinstitutet, Solna.
- [24] Schonberger, R. (2006). "Japanese Production Management: An Evolution with Mixed Success". *Journal of Operations Management* (in press). Disponible en: <http://www.sciencedirect.com>
- [25] Wu, C. W., Chen, C.L. (2006). "An Integrated Structural Model Toward Successful Continuous Improvement Activity". *Technovation* (26), pp. 697-707.
- [26] Jackson, T. (1996). *Implementing a Lean Management System*. Productivity Press, pp. 147-150.
- [27] D. Machuca J., García, S., Álvarez, M. J., D. Machuca M., Ruiz, A. (1995). *Dirección de operaciones, Aspectos estratégicos de la producción y los servicios*. E. Mc. Graw Hill, Cap. 1.