

# **APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA COLOMBIANA. REVISIÓN DE LITERATURA EN TESIS Y PROYECTOS DE GRADO.**

**Juan Gregorio Arrieta**

Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, jarrieta@eafit.edu.co

**Juan David Muñoz Domínguez**

Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, jdoming1@eafit.edu.co

**Andrea Salcedo Echeverri**

Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, asalcedo@eafit.edu.co

**Steven Sossa Gutiérrez**

Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, ssossagu@eafit.edu.co

## **RESUMEN**

En la actualidad, las empresas Colombianas buscan ser más competitivas a nivel nacional e internacional, para lo cual están implementando estrategias que contribuyan a una alta productividad y garanticen la calidad en los productos y servicios que ofrecen. Es por esto que se ha visto la necesidad de adoptar la filosofía de manufactura esbelta como elemento diferenciador y de éxito que garantice una alta competitividad en el mercado.

A través de la recopilación de los proyectos de grado y tesis de las principales universidades del país, se realizará una revisión bibliográfica donde se muestre el conocimiento que se tiene acerca de la manufactura esbelta en las industrias colombianas. Para ello, se escogieron algunas de las herramientas de manufactura esbelta como lo son: 5'S, SMED, Justo a Tiempo, Poka Yoke, seis sigma, VSM y fábrica visual. Ésta revisión de literatura estará disponible para que las empresas que desean adoptar alguna de éstas herramientas puedan acceder a ésta información y conocer los logros más relevantes que se obtuvieron con su implementación.

**Palabras clave:** Manufactura esbelta, revisión bibliográfica, implementación, logros relevantes, competitividad.

## **ABSTRACT**

Nowadays, Colombian enterprises are looking forward to become more competitive both nationally and internationally, for which they are implementing strategies that contribute to high productivity and that ensure quality in the products and services they offer. That is why they have seen the need to adopt the philosophy of Lean Manufacturing as a differentiator and success element that ensures high competitiveness in the market.

Through the collection of graduation and thesis projects of the leading universities in the country, a review of the literature will be done, where is shown the knowledge that industries in Colombia have about Lean Manufacturing. For these reasons, there were chosen some of the Lean Manufacturing tools such as: 5'S, SMED, Just in Time, Poka Yoke, Six Sigma, VSM and Visual Factory. This revision of the literature will be available so the companies that want to implement one of these strategies can access to this information and can learn about the most relevant achievements that were obtained with its implementation.

**Key words:** Lean manufacturing, literature review, implementation, relevant achievements, competitiveness.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La producción esbelta es un conjunto integrado de procedimientos y actividades diseñadas para mejorar la producción en general, disminuyendo desperdicios y utilizando inventarios mínimos de materia prima, producto en proceso y producto terminado.

En la última década el interés por la implementación de la manufactura esbelta ha incrementado drásticamente, debido a que las empresas han visto la necesidad de hacerlo para permanecer competitivas en el mercado mundial actual. Adoptar esta filosofía requiere explorar las herramientas de manufactura esbelta ya que buscan mejorar las utilidades y eliminar la mayor cantidad de desperdicios como son movimientos innecesarios, pasos de producción que no generan valor agregado y el exceso de inventarios en la cadena productiva.

Como las tesis y proyectos de grado son fuentes importantes de información sobre la aplicación de proyectos en las industrias por parte de los aspirantes a títulos de pregrado y posgrado, en éste documento se muestra las mejoras que se obtuvieron tras la implantación de algunas herramientas de Lean Manufacturing en la industria colombiana. Con el objetivo de delimitar la búsqueda de literatura se escogieron siete herramientas de la manufactura esbelta: SMED (cambios de referencia en menos de 10 minutos), JIT (Justo a Tiempo), Poka Yoke (Método a prueba de errores), 5S's, Seis Sigma, VSM (Value Stream Mapping) y Fabrica Visual. Se realizó una matriz con la información más relevante de la implementación en diferentes empresas a nivel nacional, que incluye título de la tesis, herramienta de manufactura esbelta utilizada, empresa donde se implemento, universidad donde se presentó la tesis, año y tipo de tesis (pregrado o posgrado), objetivos de la tesis, problemas encontrados en la empresa, soluciones propuestas y resultados concretos. Es importante hacer una diferenciación entre éstos últimos dos puntos, para conocer si sólo se realizó una propuesta de mejora al proceso de una empresa, o si verdaderamente se implementó una metodología y se alcanzaron resultados satisfactorios.

## **2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1 DEFINICION DE OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

En un principio se determinó el marco de la investigación teniendo en cuenta ciertos criterios con el objetivo de delimitar la búsqueda sin sesgar la información obtenida. Dichos criterios son:

- Se consultaron 53 tesis de las principales universidades del país, en base al boletín científico Sapiens Research de 2011, (PEÑA BARRERA) listadas en las Tablas 1 y 2.
- Herramientas de Lean Manufacturing que se consideraron más pertinentes para delimitar la búsqueda: SMED, Justo a Tiempo, Poka Yoke, 5'S, seis sigma, VSM y fábrica visual.
- La selección de la fuente bibliográfica se limita a tesis y proyectos de grado que permiten ver en mayor medida la aplicabilidad de la manufactura esbelta en las empresas Colombianas.
- Por vigencia de información, se decidió restringir la búsqueda a información reciente (desde el año 2006).

### **2.2 REALIZACION DE BUSQUEDA BIBLIOGRAFICA Y SELECCIÓN DE TESIS**

Se realizó una búsqueda bibliográfica de proyectos de grado y tesis de las principales universidades del país (desde 2006) que tengan como objetivo desarrollar alguna mejora a través de las principales herramientas de manufactura esbelta en empresas colombianas. La selección de los trabajos se baso en la lectura del título, introducción y conclusiones.

### **2.3 ORGANIZACIÓN DE INFORMACIÓN**

Con el objetivo de sintetizar la información obtenida de la búsqueda bibliográfica, se implemento una matriz donde se describe el nombre de la tesis, la herramienta implementada, la empresa en la que se implementó, universidad, año, tipo de tesis, objetivo u objetivos de ésta, problemas encontrados, soluciones propuestas y resultados concretos. Éste método utilizado fue considerado el más pertinente para resumir la cantidad de

información recolectada. Igualmente se realizó una recapitulación de los resultados más relevantes de la implementación mediante diagramas conceptuales y gráficos estadísticos circulares y de barras.

### **3. INTRODUCCIÓN A LEAN MANUFACTURING**

Es un conjunto de técnicas desarrolladas por la compañía Toyota partir del decenio de 1950 que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, independientemente de su tamaño, donde se destacan autores como Sigeo Shingo y Edward Hay. Las técnicas de Lean Manufacturing se están utilizando en la optimización de las operaciones de forma que se puedan obtener tiempos de reacción más cortos, mejor atención servicio al cliente, mejor calidad, costos más bajos, eliminación de cualquier actividad que no agregue valor al producto, servicio o proceso, eliminación de cualquier tipo de desperdicio (sobreproducción, retrasos, transporte, el proceso, inventarios, movimientos y calidad), mayor eficiencia del equipo, entre otros.

El Lean Manufacturing se apoya en una serie de herramientas como son: los sistemas kanban, el mantenimiento productivo total, los sistemas Kaizen, las 5's, Seis Sigma, Poka Yoke, Jidokas, entre otros.

(Grupo Kaizen, 2011).

#### **3.1 SEIS SIGMA**

Es una estrategia de mejora continua del negocio que busca optimizar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio. En todo momento se toma como referencia a los clientes y sus necesidades (Gutiérrez y de la Vara, 2009).

La estrategia Seis Sigma se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico. Asimismo tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. (Gutiérrez y de la Vara, 2009).

El objetivo principal de ésta metodología es generar 3.4 defectos por millón de oportunidades. Esta meta se pretende alcanzar mediante un proceso vigoroso de mejora. La calidad Seis Sigma se refieren a un concepto que plantea a una aspiración o meta común en calidad para todos los procesos de una organización.

#### **3.2 JUST IN TIME**

Es un sistema de producción orientado al mercado que descansa enteramente en el fundamento de servir las necesidades del cliente. Las palabras "Just In Time" se refieren a que los artículos se entregan a las líneas de producción Justo a Tiempo de usarse, justamente en las cantidades inmediatamente necesarias y justo cuando los procesos de producción los necesitan.

Para implementar estos sistemas, es necesario realizar ciertas mejoras. Éstas se enuncian a continuación: fabricación de flujo, manejo multiproceso, kanban, reducción del personal, control visual, cambio de útiles, asegurar la calidad, operaciones estándares, Jidoka, entre otras. (Hirano, 2001).

#### **3.3 POKA YOKE**

Se refiere al diseño de dispositivos a prueba de errores y olvidos. La inspección o detección de los defectos por sí sola no mejora el desempeño de un proceso. La inspección y el monitoreo de procesos debe enfocarse a detectar la regularidad estadística de las fallas para identificar donde, cuando y como están ocurriendo las fallas a fin de enfocar mejor las acciones correctivas. Sumado al riesgo del proceso, el factor humano es una de las causas principales de error en los procesos, ya que las personas tienen olvidos y la rutina del trabajo la pueden llevar a descuidos. (Gutiérrez y de la Vara, 2009).

#### **3.4 SMED**

El sistema SMED (Single Minute Exchange of Die), que en su traducción al español significa “cambio de matriz en menos de 10 minutos”, nació por necesidad para lograr la producción JIT, una de las piedras angulares del Sistema de Producción Toyota (“Lean Manufacturing”). Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño.

Cuando se produce un cambio de matriz en una máquina de producción, se realizan unas operaciones que incluyen las tareas de preparación y ajuste que se realizan antes y después de procesar cada lote. Estas operaciones se pueden clasificar en dos tipos:

1. Preparación interna: Incluye todas las tareas que solo pueden hacerse estando la máquina parada.
2. Preparación externa: Esta clase de preparación incluye las tareas que pueden hacerse con la máquina en funcionamiento.

Esta misma técnica aplicada a la preparación de equipos, máquinas o líneas de producción durante las actividades de cambio de modelo o producto o, también durante la ejecución del mantenimiento, puede conllevar a reducir hasta en un 60% los tiempos de parada programada de máquina. (Paredes, 2011).

### **3.5 5S's**

Son cinco palabras japonesas cuyos caracteres romanos comienzan con la letra “S” y corresponden a:

- Seiri (arreglo apropiado): Consiste en distinguir claramente entre los ítems necesarios e innecesarios y desechar éstos últimos.
- Seiton (orden): Se basa en mantener siempre los ítems necesarios en el lugar correcto, de forma que cualquiera pueda encontrarlos inmediatamente.
- Seiso (limpieza): Se debe mantener la fábrica lavada y limpia.
- Seiketsu (pureza (o extremadamente limpio)): ésta es la condición cuando mantenemos las tres primeras S.
- Shitsuke (disciplina): Consiste en hacer un hábito de mantener los procedimientos establecidos. (Hirano, 2001).

Dentro de los principales beneficios de las 5's están:

- Cero despilfarro, menores costes y capacidad más elevada.
- Cero daños – mejora en la seguridad.
- Cero averías – mejor mantenimiento.
- Cero defectos – calidad más elevada.
- Cero cambio de útiles – facilitando la diversificación de la producción.
- Cero retrasos – confiabilidad en las entregas.
- Cero quejas – aumentando la fiabilidad y la confianza.

### **3.6 VALUE STREAM MAPPING**

Es una herramienta donde se visualizan todas las actividades que se producen desde que está la materia prima hasta que se transforma en producto terminado. El mapeo se enfoca a niveles de eficiencia total y no a la eficiencia generada por células individuales o grupos de trabajo.

Un mapa de cadena de valor contiene toda la información relevante del flujo hacia el cliente y tiene en cuenta tanto actividades que agregan valor como las que no lo hacen.

El proceso de mapas de cadena de valor es una forma efectiva de captar la situación actual (estado actual), identificar la visión a largo plazo (estado futuro) y desarrollar planes para conseguirla (Allen et al., 2001).

### **3.7 FABRICA VISUAL**

Es un sistema de ayudas para organizar y controlar el entorno de trabajo, asegurar una calidad consistente, y proporcionar apoyo a los estándares de productividad. Este sistema promueve una comunicación efectiva en toda la organización mediante la creación de un lenguaje visual para todo el lugar de trabajo. El lenguaje visual permite

a los operadores y administradores distinguir rápidamente entre la situación deseada (lo normal) y anomalías en el proceso de fabricación.

En el lugar de trabajo de una fábrica visual, cada elemento que se considere necesario tiene un lugar designado y debe permanecer allí excepto cuando se esté utilizando.

Dentro de los beneficios de la fábrica visual se encuentran: promueve cero defectos, alerta a todo el personal de anomalías, elimina desperdicio, apoya a la mejora continua, entre otras (Allen et al., 2001).

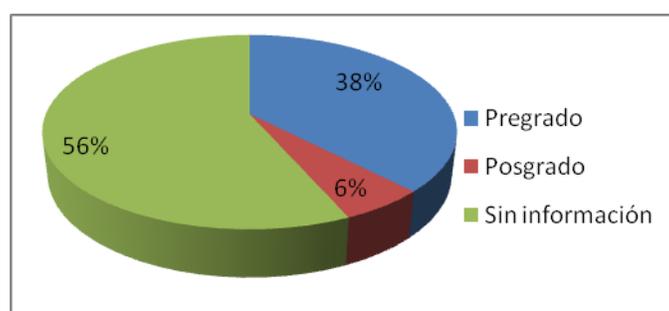
#### 4. RESULTADOS DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

##### 4.1 UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA

La Tabla 1 muestra el número de tesis que se realizaron sobre el tema en las universidades seleccionadas en un periodo de 5 años (2006-2010).

**Tabla 1. Tesis de las principales universidades del país por año.**

| UNIVERSIDAD                        | ABREVIACIÓN | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | --- | TOTAL |
|------------------------------------|-------------|------|------|------|------|------|-----|-------|
| PONTIFICIA U. JAVERIANA DE BOGOTÁ  | P.U.J       | 2    | 1    | --   | --   | --   | --  | 3     |
| U. AUTÓNOMA DE OCCIDENTE           | U.A.O       | 3    | 2    | 1    | --   | --   | --  | 6     |
| U. DE LA SABANA                    | U.S         | 4    | --   | 1    | --   | 1    | --  | 6     |
| U. DE LOS ANDES                    | U.A         | --   | --   | --   | --   | 2    | --  | 2     |
| U. INDUSTRIAL DE SANTANDER         | U.I.S       | --   | 1    | 4    | 1    | 1    | --  | 7     |
| U. DEL NORTE                       | U.D.N       | --   | --   | --   | --   | 1    | --  | 1     |
| U. DE ANTIOQUIA                    | U.de.A      | 2    | 1    | 3    | 2    | 1    | --  | 9     |
| ESCUELA DE INGENIERIA DE ANTIOQUIA | E.I.A       | --   | --   | --   | --   | --   | 3   | 3     |
| EAFIT                              | EAFIT       | 4    | 4    | 2    | 3    | --   | --  | 13    |
| ICESI                              | ICESI       | --   | --   | 1    | --   | --   | --  | 1     |
| U. DEL VALLE                       | U.D.V       | --   | --   | --   | --   | --   | 1   | 1     |
| U. TECNOLÓGICA DE PEREIRA          | U.T.P       | --   | --   | 1    | --   | --   | --  | 1     |
| U. NACIONAL                        | U.N         | --   | --   | --   | --   | --   | --  | 0     |
| U. PONTIFICIA BOLIVARIANA          | U.P.B       | --   | --   | --   | --   | --   | --  | 0     |



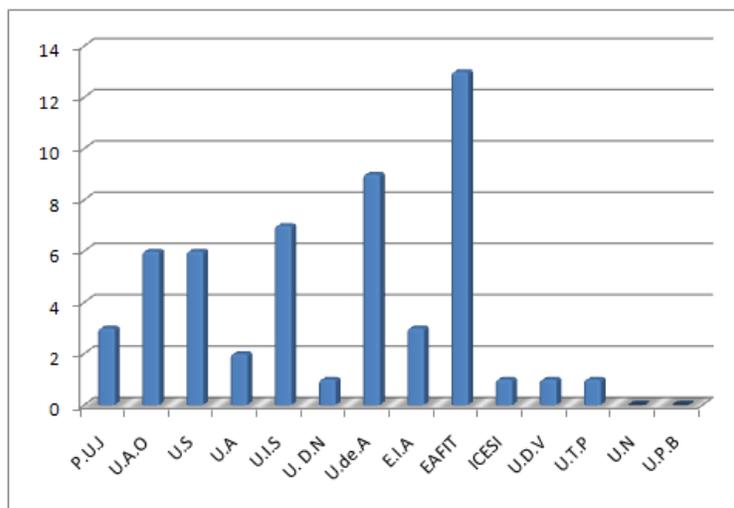
**Figura 1. Número de tesis presentadas por estudiantes de pregrado-posgrado.**

Se observa de la Figura 1 la superioridad en número de tesis presentadas por estudiantes de pregrado que de posgrado en las universidades a nivel nacional.

La Tabla 2 muestra el número de tesis de cada herramienta presentadas por las diferentes universidades

**Tabla 2. Universidades con referencia a la herramienta de manufactura esbelta utilizada**

| UNIVERSIDAD                        | ABREVIACIÓN | JUSTO A TIEMPO | POKA-YOKE | SMED | 5S'S | SEIS SIGMA | TOTAL |
|------------------------------------|-------------|----------------|-----------|------|------|------------|-------|
| U. PONTIFICIA JAVERIANA DE BOGOTÁ  | U.P.J       | 2              | -         | -    | -    | 1          | 3     |
| U. AUTÓNOMA DE OCCIDENTE           | U.A.O       | -              | -         | 3    | 1    | 2          | 6     |
| U. SABANA                          | U.S         | 1              | -         | 2    | 1    | 2          | 6     |
| U. DE LOS ANDES                    | U.A         | -              | -         | -    | 1    | 1          | 2     |
| U. INDUSTRIAL DE SANTANDER         | U.I.S       | -              | -         | 2    | 2    | 3          | 7     |
| U. DEL NORTE                       | U. D.N      | -              | -         | -    | -    | 1          | 1     |
| U. DE ANTIOQUIA                    | U.de.A      | -              | 1         | 2    | 5    | 1          | 9     |
| ESCUELA DE INGENIERIA DE ANTIOQUIA | E.I.A       | -              | -         | 1    | -    | 2          | 3     |
| EAFIT                              | EAFIT       | -              | 1         | 8    | 2    | 2          | 13    |
| ICESI                              | ICESI       | -              | 1         | -    | -    | -          | 1     |
| U. DEL VALLE                       | U.D.V       | -              | -         | 1    | -    | -          | 1     |
| U. TECNOLOGICA DE PEREIRA          | U.T.P       | 1              | -         | -    | -    | -          | 1     |
| U. NACIONAL DE MEDELLÍN            | U.N         | -              | -         | -    | -    | -          | 0     |
| U. PONTIFICIA BOLIVARIANA          | U.P.B       | -              | -         | -    | -    | -          | 0     |
| TOTAL                              |             | 4              | 3         | 19   | 12   | 15         | 53    |



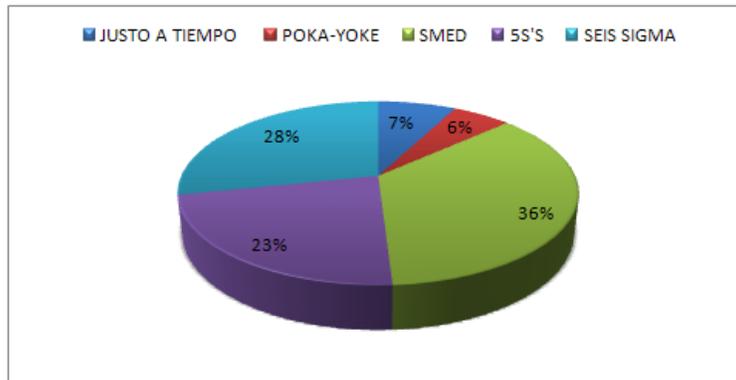
**Figura 2. Numero de tesis de las principales universidades del país.**

Como se puede observar de la Figura 2 y de la Tabla 1, la universidad que lidera en términos de cantidad de tesis presentadas sobre la implementación de Lean Manufacturing en las industrias del país es EAFIT con 13 tesis. Lo sigue la U.de.A con 9 y luego la U.I.S con 7.

Se encontraron casos de universidades donde se presentó una, o ninguna tesis. Éste fue el caso de: ICESI, UDV, UTP Y U.D.N con un solo trabajo cada una, y U.P.B y U.N donde no se presentó ninguna tesis de los temas estudiados en el horizonte de tiempo de la investigación.

#### 4.1.1 Clasificación por herramienta utilizada.

La Figura 3 muestra la cantidad en porcentajes de tesis presentadas con referencia a las herramientas de producción esbelta que fueron implementadas.



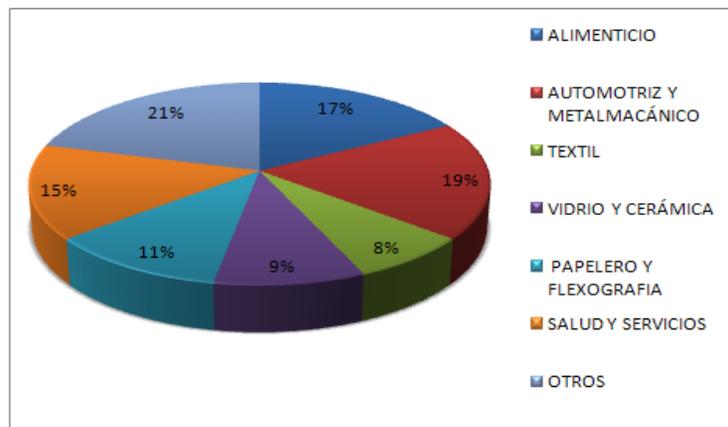
**Figura 3. Número de tesis con referencia a la herramienta de manufactura esbelta utilizada.**

Se puede observar que el tema que fue presentado en la mayor cantidad de tesis fue SMED con 34%, lo sigue SEIS SIGMA con 27% y luego 5S's con 25%. Los temas menos presentados fueron JUSTO A TIEMPO con 9% y POKA YOKE con 5%.

Es de gran relevancia conocer cuales temas han representado un mayor porcentaje de presentación en tesis, ya que lleva a cuestionar varios puntos como: ¿son los temas más escogidos los más fáciles de implementar en las empresas Colombianas y los menos escogidos más difíciles?, ¿son los temas más escogidos los de mayor conocimiento por parte de los estudiantes y los menos escogidos los de menor conocimiento?, ¿tienen los temas escogidos mayor aplicabilidad que los poco escogidos?, ¿traen mayores beneficios los temas más escogidos que los menos escogidos?

#### 4.1.2 Clasificación por sector industrial.

La Figura 4 muestra la cantidad de tesis sobre herramientas de Lean Manufacturing que fueron implantadas en los distintos sectores industriales.



**Figura 4. Número de tesis con referencia al sector industrial donde fueron implementadas.**

Con el fin de mostrar la información de manera más clara, se clasificaron como “otros” las tesis referidas a mantenimiento industrial y de sistemas eléctricos, servicios de distribución, industrias del sector de procesos y gestión del conocimiento.

Considerando el sector industrial donde fueron implementadas las distintas herramientas de manufactura esbelta se pueden analizar varios aspectos como: en qué sectores ha habido más oportunidad de aplicación de estas herramientas en los últimos años; si en los sectores de menos aplicación en los últimos años hay poca posibilidad de implantación de estas herramientas o si ya se encuentran estandarizados todos sus procesos, de modo que la implementación es de poco impacto; del mismo modo, si los sectores de mayor implementación presentan un mayor nivel de desorganización en sus procesos; etc. Igualmente se debe considerar la posibilidad de que los sectores con mayor implementación son los que mayor cantidad de estudiantes en periodo de práctica reciben (sabiendo que la mayor cantidad de tesis fueron presentadas por estudiantes de pregrado. Ver Figura 1), por lo tanto hay mayor grado de implementación de producción esbelta.

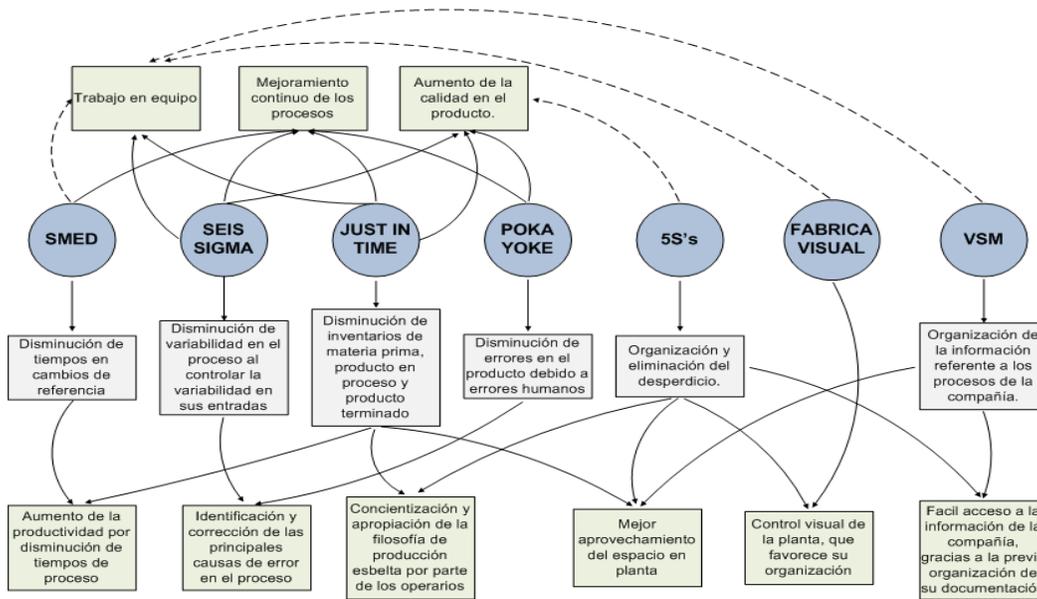
En los sectores que más se implementaron las herramientas de manufactura esbelta fueron: OTROS con 21%, AUTOMOTRIZ Y METALMECÁNICO con 20% y ALIMENTICIO con 16%. Asimismo los sectores donde menos se implementaron estas herramientas fueron: TEXTIL con 9% e industrias de VIDRIO Y CERAMICA con 7%.

#### **4.2 LIMITACIONES**

También es importante saber que muchos autores no ceden derechos de autor sobre sus tesis y no se pudo acceder a mucha información relevante que pudo haber sido significativa para los resultados de la investigación. Además otras tesis no se encontraban disponibles para ser consultadas en el momento que se realizó la búsqueda. Por ésta razón, solo se tuvieron acceso a 53 tesis de las universidades mencionadas en el intervalo de tiempo establecido.

#### **CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO**

Como recapitulación de lo encontrado en las tesis, y como parte del proceso de aprendizaje como estudiantes, se realizó un esquema que permitiera ver los efectos generales de la implementación de las diferentes herramientas de manufactura esbelta en la Industria Colombiana, de modo que sirva como información a las empresas que deseen implementar alguna de las herramientas mencionadas.



**Figura 5. Resultados generales de la implementación de las herramientas de Producción Esbelta. (Las líneas continuas indican relación directa, y las discontinuas, relación indirecta).**

## 5. CONCLUSIONES

Después de realizar la investigación y revisar los proyectos de implementación de Manufactura Esbelta, se observó que la relación que existe entre sus herramientas es muy estrecha, haciendo casi imposible la implementación de una de ellas sin usar las demás. Este fue el caso de la mayoría de las empresas donde se debió involucrar implícitamente otras herramientas que van de la mano para lograr el objetivo de la implementación de la herramienta escogida por el estudiante aspirante a título de pregrado o posgrado. Como ejemplo específico, para la implementación de 5S's en el taller automotriz CASA MECANICA LTDA, se debió implementar indirectamente Fabrica Visual para ayudar en el control visual de toda la planta y permitir la implantación de 5S's en todos sus pasos (ver Figura 5).

En general se vieron mejoras significativas en la mayoría de las empresas debido a la implementación de las herramientas de manufactura esbelta, que incluían reducciones importantes de desperdicio, control visual adecuado, organización y mejor aprovechamiento del espacio en planta, reducción de inventarios de materia prima, producto en proceso y producto terminado, documentación de los procesos, reducción de tiempos de proceso y eliminación de desperdicios. Todos estos factores representaron un incremento en la productividad y la utilidad, y una reducción de costos debido a disminución de tiempos y desperdicio.

Las herramientas de manufactura esbelta son aplicables a cualquier empresa, mejoran el proceso administrativo y productivo en general y aumentan la calidad. No obstante es recomendado evaluar la factibilidad de la implementación de cualquier herramienta, ya que algunas requieren ciertos niveles de inversión (por ejemplo, capacitación a personal o cambios en las instalaciones), y puede ocurrir que el beneficio obtenido al final del plan de implementación no justifique la inversión realizada.

## CITAS Y REFERENCIAS

- ABREO ARIZA, Daniel Alejandro. Análisis y diseño de un patrón metodológico para modelamiento de procesos de negocio Just-In-Time utilizando Business Process Management. Bogotá 2006. Universidad Javeriana.
- ALLEN John; ROBINSON Charles; STEWART David. Lean Manufacturing: A plant floor guide. Society Of Manufacturing Engineers 2001.

- AQUILANO JACOBS, Chase. Administración de producción y operaciones: manufactura y servicios. Edición 8. Santa Fe de Bogotá. Colombia. Editorial McGraw Hill 2004.
- AQUILANO JACOBS, Chase. Administración de producción y operaciones. Duodécima edición. Editorial McGraw Hill, 2009.
- CASTRO FIGUEROA, Ana María. Diseño de una propuesta de implementación de la metodología seis sigma en la planta de pintura de General Motors Colmotores. Bogotá 2007. Universidad Javeriana de Bogotá.
- CUARTAS MONTOYA, Juliana Salazar GIRALDO, Ana María. Metodología Seis Sigma aplicada a un proyecto de mejora en Colcafé S.A. Medellín 2006. Universidad EAFIT.
- DIANA MARCELA, Zamora Rangel. Modelo de aplicación del programa 5s en el laboratorio clínico de la clínica metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga 2008. Universidad Industrial de Santander.
- DUARTE GONZALEZ, Sergio. Mejoramiento de los procesos de forja, mecanizado y ensamble de tubos para ejes diferenciales mediante los lineamientos de la herramienta Seis Sigma en Forcol LTDA. Bucaramanga 2008. Universidad Industrial de Santander.
- ECHAVARRÍA ROMERO, David Antonio. Implementación de 5s's en una industria de alimentos. Medellín 2009. Universidad EAFIT.
- ESTRADA CIFUENTES, Darío. Metodología estadística para el análisis de paros y fallos para mejorar la confiabilidad de un equipo de proceso en Acerías de Colombia y CIA. SCA. Barranquilla 2010. Universidad del Norte.
- FRANCO LOPEZ, Daniel; SALAZAR BOTERO, Sebastián. Implementación de teorías SMED en la empresa de servicios de distribución SUPI S.A. Medellín 2007. Universidad EAFIT.
- GARCES ACERO, Felipe, DELGADO, Juan Sebastián. Implementación de teorías SMED para la reducción de tiempos de setup en la maquina SIDEL SBO2. Medellín 2008. Universidad EAFIT.
- GARCÍA TAMAYO, Andrés Alfonso. Implementación de las 5S's en la nueva sección de Tampico en la planta de Colanta de Medellín. Medellín 2009. Universidad EAFIT.
- GOMEZ GARCIA, Aura Paola. Control estadístico del proceso bajo la metodología seis sigma aplicado en el proceso de beneficio de bovinos de frigorífico Vijagual S.A. Bucaramanga 2010. Universidad Industrial de Santander.
- GRUPO Kaizen. Que es el Lean Manufacturing. <http://www.grupokaizen.com/mck/> consultado el día 10 de marzo de 2011.
- GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto; DE LA VARA SALAZAR, Román. Control estadístico de calidad y Seis Sigma, McGraw Hill. Segunda edición, 2009.
- HIRANO, Hiroyuki. Manual para la implementación del JIT. Una guía completa para la fabricación” Just in Time”, España Tecnología de Gerencia y Producción 2001.
- LEZCANO CORREA, Laura Catalina; MONTOYA VELEZ, Catalina. Aumentar la producción en la maquina impresora de material hodrotejido de Colombiana KIMBERLY COLPAPEL S.A. planta BARBOSA mediante técnicas SMED. Medellín 2007. Universidad EAFIT.
- LOPEZ LARA, Jeiner Eduardo. Metodología de Seis Sigma aplicada a la gestión del mantenimiento en la empresa Drummond LTD. Bucaramanga 2007. Universidad Industrial de Santander.
- PAREDES Francis. Mantenimiento mundial SMED <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/SMED.pdf>, consultado el día 9 de marzo de 2011.
- PELAEZ HENAO, Juan Pablo. Reducción de los tiempos de cambio de referencia, bajo la filosofía SMED en la sección de tejido de fábrica de calcetines CRYSTAL S.A. Medellín 2006. Universidad EAFIT.
- PEÑA BARRERA Carlos Roberto. Boletín científico sapiens research, ranking U-Sapiens Colombia-2010, Bogotá 2011.

PINTO GUERRERO, Jenny Alejandra. Propuesta de implantación de la filosofía "Justo a Tiempo" para el mejoramiento de la gestión de la cadena logística en Gate Gourmet Colombia Ltda. Bogotá 2006. Universidad Javeriana.

SALAZAR RAMÍREZ, María Isabel; VELÁSQUEZ PEÑA, Stephanie. Integración de las herramientas Jidoka y Poka-Yoke en el ciclo de diseño y desarrollo del producto y proceso. Cali 2008. Universidad ICESI.

URIBE GONZÁLEZ, Juliana. Mejoramiento de los métodos y puestos de trabajo en el área de mantenimiento de industria de Alimentos Zenú S.A. utilizando la filosofía 5s's. Medellín 2008. Universidad de Antioquia.

VALDERRAMA MONTOYA, Carlos Andrés. Disminución del tiempo de cambio mecánico durante los cambios de referencia en O-I PELDAR Envigado, bajo la filosofía SMED. Medellín 2007. Universidad EAFIT.

VASQUEZ POSADA, Sebastián. Instalación de Poka - Yoke en la línea de Toyota Sofasa S.A. para llenado de aceite de transmisión y diferencial. Medellín 2006. Universidad EAFIT.

### ***Autorización y Renuncia***

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.*