

APLICABILIDAD DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN: EL CASO DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UAM-AZC

*APPLICABILITY OF LEAN MANUFACTURING IN PRODUCTION
PROBLEMS: A CASE STUDY OF INDUSTRIAL ENGINEERING
DEGREE IN THE UAM-AZC*

Miguel Ángel López Ontiveros

Universidad Autónoma Metropolitana
mlopez@correo.azc.uam.mx

Mariana Hernández González

Universidad Autónoma Metropolitana
mhg@correo.azc.uam.mx

Lisaura Walkiria Rodríguez Alvarado

Universidad Autónoma Metropolitana
lwra@correo.azc.uam.mx

Jesús Loyo Quijada

Universidad Autónoma Metropolitana
lqj@correo.azc.uam.mx

Jesús Vicente González Sosa

Universidad Autónoma Metropolitana
jvgs@azc.uam.mx

Resumen

El presente trabajo muestra a partir de la incorporación, en el 2013, de la materia de Sistemas de Manufactura Esbelta en el Plan de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma Metropolitana, los alumnos han aplicado esta filosofía para dar solución a problemas abordados en proyectos de fin de carrera, desarrollados en una empresa. En el estudio se analizan los proyectos tecnológicos, enfocados a detectar problemáticas y proponer métodos de solución. Parte del análisis se centra en el tipo y frecuencia de las problemáticas detectadas a lo largo del tiempo y los métodos que los alumnos proponen para su resolución, enfocados en la metodología de manufactura esbelta, entre las

técnicas más aplicadas por los alumnos están 5'S AMEF y Poka Yoke. Los resultados muestran que 5'S es la principal herramienta, esto indica que las empresas están en un estado inicial de implementación de la manufactura esbelta.

Palabras clave: Manufactura esbelta, proyecto tecnológico, 5'S.

Abstract

The present work shows how the incorporation, in 2013, of the matter of Systems of Lean Manufacturing in the Plan of Studies of Industrial Engineering Degree of the Autonomous Metropolitan University, the students have applied this philosophy to give solution to problems addressed in the final year projects, developed in a company. In the study, the technological projects are analyzed, focused on detecting problems in companies and proposing solution methods. Part of the analysis focuses on the type and frequency of the problems detected over time and the methods that students propose for their resolution, focused on the lean manufacturing methodology, among the techniques most applied by students are 5' S, AMEF and Poka Yoke. The results show that the 5s is the main tool, which indicates that the companies are in an initial state for the implementation of lean manufacturing.

Keywords: lean manufacturing, technological project, 5'S.

1. Introducción

La manufactura esbelta (ME) o lean manufacturing se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicios, entendiendo como desperdicio o muda todas aquellas acciones que no aportan valor en un proceso, pero sí costo y trabajo; estos desperdicios se clasifican como: espera, defectos, movimientos innecesarios, exceso de inventario, sobreproducción, exceso de transporte y sobreprocesamiento [Weinstock, 2008]; [Cachon et. al; 2009], [Waring et. al; 2010].

Para eliminar todos los desperdicios, la manufactura esbelta contempla principalmente las siguientes herramientas [Rajadell *et. al;* 2010], [Succonini, 2013]:

- Value Stream Mapping (VSM): El VSM permite identificar las actividades que no aportan valor añadido al proceso.
- Metodología 5´S. La metodología 5´S permite lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización del orden y limpieza.
- Single Minute Exchange of Die (SMED). La técnica del SMED o cambio rápido de herramientas tiene como objetivo la reducción de tiempo de cambio de herramientas o moldes.
- Mantenimiento Productivo Total (TPM). El TPM asegura que los equipos de fabricación se encuentren en perfectas condiciones.
- Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF). El AMEF identifica fallas en productos y procesos y evaluar objetivamente sus efectos, causas y elementos de detección para evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.
- Poka Yoke. Los Poka Yoke son dispositivos desarrollados e implementados en los sistemas de fabricación para evitar errores humanos que pueden convertirse en defectos del producto.
- Six Sigma. Es una herramienta estadística de mejora que permite reducir drásticamente las variaciones en las especificaciones de un producto. La herramienta se aplica cuando los niveles de calidad no satisfacen al cliente y la variación existente obliga a mejorar los procesos de fabricación.
- Sistema Kanban. El Kanban es un sistema de gestión de la producción sincronizado, continuo que produce en lotes pequeños mediante la utilización tarjetas (Kanban) que indican la necesidad de producir en cada estación de trabajo.

Para explicar la forma en la cual el Sistema de Manufactura Esbelta y sus elementos interactúan y trabajan como un sistema completo, se presenta en la figura 1, una variante de la casa de producción Toyota.

El techo indica las metas que persigue la filosofía, dichas metas están soportadas por dos pilares: Justo a Tiempo que significa entregar el producto en la cantidad y

el momento adecuado y, el Jidoka, que significa entregarles a los operarios la capacidad de parar cuando se presenta un resultado negativo en las estaciones de trabajo, estos dos pilares están apoyados en los procesos estables y estandarizados, en una producción nivelada y en la mejora continua, todo lo anterior se construye a partir de la aplicación de las herramientas básicas: VSM, 5'S, SMED, TPM, KANBAN, Gestión Visual y KPI [Rajadell et. al; 2010], [Succonini, 2013].

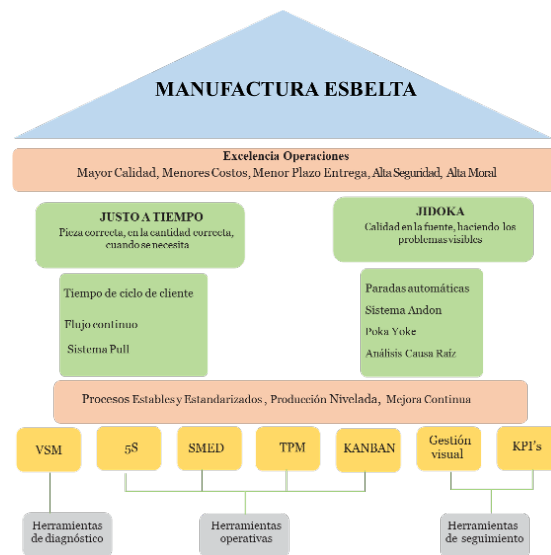


Figura 1 Casa de la manufactura esbelta.

Cada una de estas herramientas tiene una metodología propia, las herramientas como 5'S SMED, TPM, Poka Yoke y KANBAM son utilizadas para estabilizar los procesos de producción e incrementar el nivel de confianza con respecto a tiempos de preparación, efectividad global del equipo y niveles de calidad [Niño et. al; 2010].

En las empresas algunos de los síntomas más frecuentes que requieren de la implementación de los principios de la manufactura esbelta son: Tiempos muertos, procesos no estandarizados, baja capacidad de respuesta al cliente, calidad pobre, almacenes desordenados, baja productividad, paros por mantenimiento de equipos, mala actitud del personal, procesos lentos, altos costos de inversión y cero innovaciones [Urian, 2010].

La aplicación de los principios de la manufactura esbelta no es exclusiva en el sector productivo o manufacturero, se ha aplicado en el área de servicios y particularmente en hospitales con el objetivo de mejorar el servicio al cliente [Martínez *et. al;* 2016].

Importancia de la manufactura esbelta en la Ingeniería Industrial

En el campo laboral, los Ingenieros industriales son los encargados de establecer la sostenibilidad de las organizaciones desde el punto de vista productivo, la ingeniería Industrial integra los sistemas en el área productiva o de servicios mediante el diseño, implementación, mejora y desarrollo de herramientas que garanticen el cumplimiento de metas y objetivos que contribuyan al mejoramiento de las condiciones y uso racional de los recursos en las organizaciones. En este sentido, el desarrollo del pensamiento *lean* en los ingenieros industriales garantiza el máximo aprovechamiento de los recursos al menor costo, logrando resultados más óptimos en un menor tiempo [Urian, 2010]. Los ingenieros industriales pueden aplicar esta metodología en cualquier empresa logrando ventajas competitivas en la rapidez de respuesta y reducción de costos. [Wilches *et. al;* 2013]. En la actualidad, la manufactura esbelta se ha convertido en una estrategia especialmente importante en empresas que han observado mejoras significativas en su aplicación [Arrieta *et al;* 2011], algunas de las razones claves son: permite competir efectivamente en una economía global, afronta la presión de los clientes en cuanto a la reducción de precios, permite una rápida adaptación a los cambios tecnológicos, ayuda en la adopción con mayor facilidad de estándares de calidad como la norma ISO 9001, y es definitiva a la hora de cumplir con las expectativas de los clientes [León *et al;* 2017].

Integración de manufactura esbelta en el plan de estudios de Ingeniería Industrial UAM-AZC

A partir de la importancia que tienen los conceptos de manufactura esbelta, en el año 2013 se integró la Unidad de Enseñanza Aprendizaje (UEA) Sistemas de Manufactura Esbelta en el Plan de Estudios de la licenciatura e Ingeniería Industrial

de la UAM – AZC, la UEA se encuentra ubicada en el Área de Concentración de Producción y Manufactura y es una materia que los alumnos necesitan aprobar para la validación del Área Producción y Manufactura.

Los alumnos cursan Sistemas de Manufactura Esbelta en los últimos trimestres (10^o u 11^o trimestre) de la licenciatura, esto abre la posibilidad para que apliquen estos conceptos en la UEA Proyecto de Integración en Ingeniería Industrial I, dicha UEA tiene como objetivo general integrar conocimientos para resolver problemas relacionados con la licenciatura, se cursa en el 12^o trimestre, se puede aprobar de manera individual o en equipo y contempla 18 horas practica a la semana, de esta manera los Proyectos de Integración desarrollados y presentados por los alumnos son fuentes importantes de información que nos indica la forma en la que se están resolviendo los problemas en la industria.

En este documento, nos centraremos en analizar un conjunto de Proyectos de Integración en Ingeniería Industrial, modalidad Proyecto Tecnológico, concluidos entre el 2009 y 2017, analizaremos las problemáticas abordadas y la forma en la que se resolvieron, centrando la atención en la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta. La tabla 1 muestra el número de alumnos egresados del 2009 al 2017, los cuales desarrollaron su Proyecto de Integración.

Tabla 1 Alumnos egresados 2009-2017.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Industrial	91	92	91	74	77	111	97	87	106	83

2. Metodología

Etapas 1. Determinación de las áreas de impacto

Se realizó una recopilación de información de la base de datos de los Proyectos de Integración en Ingeniería Industrial I, modalidad Proyecto Tecnológico, presentados y aprobados entre los trimestres 09-I y 17-P, (de enero del 2009 a julio de 2017) englobando así, un total de 26 trimestres. Con los proyectos presentados se obtuvo información referente a las características de las empresas donde se realizó el proyecto, los problemas detectados en las diferentes áreas de

impacto de la ingeniería industrial y el tipo de herramientas que el alumno recomienda para solucionar dichas problemáticas. El resultado de esta recopilación fueron 334 proyectos en 328 empresas, detectando 647 problemas. El número de proyectos es mayor que el número de empresas debido a que varios Proyecto de Integración se realizaron en la misma empresa. La tabla 2 muestra las áreas y los problemas que se encontraron en los proyectos.

Tabla 2 Áreas y problemas abordados en los Proyectos Tecnológicos.

ÁREAS	PROBLEMAS
Administración de la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de planeación estratégica operativo y táctico • Falta de base de datos de producto terminado o materiales • Retrasos en las entregas • Falta de políticas de inventarios • Nivelación de las tasas de producción
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Rechazos • Certificación ISO • Falta de medición de la calidad
Estructura Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • Perfiles de puestos no definidos • Organigrama mal definido • Falta de políticas escritas
Logística	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de políticas de entrega
Procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimientos administrativos no documentados • Procedimientos operativos no documentados
Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos no estandarizados • Generación de desperdicios • Retrabajos • Paros de equipo y maquinaria • Mala distribución de planta
Recursos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de capacitación • Ausentismo • Bajo rendimiento • Alta rotación • Falta de interés del trabajador
Seguridad e Higiene	<ul style="list-style-type: none"> • Accidentes • Instalaciones inseguras

Etapas 2. Determinación de las áreas de impacto donde intervienen la manufactura esbelta

Posteriormente se realizó un filtro de los proyectos, eliminando aquellos en los cuales no se ha presentado como propuesta de solución una herramienta de manufactura esbelta. Este filtro permitió reducir la información a 290 empresas con 462 problemas detectados, que representan el 71% del total de proyectos, y se

eliminaron tres áreas de impacto, Estructura organizacional, Recursos Humanos y Logística. Con esta nueva base de datos se realizó un análisis sobre tres aspectos principales, todos ellos orientados a las herramientas de manufactura esbelta:

- La frecuencia con la que una herramienta fue propuesta para resolver un problema, sobre lo cual se efectuó un ordenamiento para posicionar las herramientas de mayor a menor frecuencia, considerando que la herramienta más utilizada para resolver un problema tiene la primera posición en importancia.
- La presencia de las herramientas a lo largo del periodo de estudio, considerando las modificaciones al Plan de Estudios de la Licenciatura, se buscó conocer en cuántos problemas se propuso utilizar alguna herramienta de manufactura esbelta y qué herramientas fueron, obteniendo también un ordenamiento de las herramientas según la frecuencia con la que se presentaron.
- El tipo de problemas que se resuelven con herramientas de manufactura esbelta y en qué proporción se emplea para cada problema.

Con esta información es posible determinar la aplicabilidad que los alumnos detectan para las herramientas de manufactura esbelta en los problemas que las empresas presentan.

3. Resultados

La tabla 3 contiene las cinco áreas en las que se pueden aplicar herramientas de manufactura esbelta, para cada área se muestra el tipo de problemas que se presentaron y la cantidad de casos. Las áreas de Producción y Seguridad e Higiene engloban aproximadamente el 70% del total de casos distribuidos en 5 y 1 problemas respectivamente. En la tabla 3 se observa que el problema de distribución de planta ocupa el primer lugar con una representación del 40% y el problema de orden y limpieza en un segundo lugar con un 35%. La segunda área que presentó casos con el enfoque de solución desde la perspectiva de la metodología de ME, es seguridad e higiene con un 20%, en este caso se presentó

un único problema correspondiente a instalaciones inseguras. Las demás áreas de calidad, administración de la producción y procedimientos, están representados con un 14.5, 11.4 y 4.5% respectivamente.

Tabla 3 Casos encontrados para cada problema.

ÁREA	PROBLEMA	CASOS	%	TOTAL
PRODUCCIÓN	Mala distribución de planta	92	40.17	229 49.57 %
	Orden y limpieza	81	35.37	
	Procesos no estandarizados	45	19.65	
	Paros de equipo y maquinaria	11	4.80	
	Generación de desperdicios	10	4.36	
SEGURIDAD E HIGIENE	Instalaciones inseguras	92	100	92 19.91%
CALIDAD	Certificación ISO	27	40.29	67 14.51%
	Falta de medición de la calidad	25	37.31	
	Rechazos	15	22.38	
ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	Falta de políticas de inventarios	26	49.05	53 11.47%
	Falta de planeación estratégica operativo y táctico	17	32.05	
	Nivelación de las tasas de producción	10	18.83	
PROCEDIMIENTOS	Procedimientos ADMÓN. no documentados	21	100	21 4.54%
			TOTAL	462

En tabla 4 se pueden observar las herramientas de ME que se han empleado para la resolución de los diferentes problemas encontrados, estas herramientas se pueden ver en las celdas resaltadas, en las cuales también se muestra el porcentaje de casos en los que se empleó esa herramienta para resolver cada problema, registrando así la posición, del 1° al 10° lugar en el que se ubica cada herramienta según su frecuencia de uso.

Es evidente observar que se han aplicado 6 herramientas diferentes de ME en diversas áreas para resolver diferentes problemas. La herramienta de 5'S es la herramienta más utilizada para la solución de problemas, independientemente del área en el que este se presente. En el área de producción esta herramienta de 5'S ha tenido mayor presencia, ocupando entre el primer y tercer lugar de participación, mientras que para las demás áreas ocupa entre el cuarto y séptimo lugar.

Se puede considerar que la herramienta AMEF es la segunda más utilizada presente en cuatro áreas: producción, seguridad e higiene, calidad y administración de la producción. Es importante resaltar que, en el área de calidad es donde presenta su mayor porcentaje de participación con un 10% para resolver

problemas de falta de medición de la calidad, ocupando un tercer lugar y un 15% para analizar problemas de rechazos, ocupando un cuarto lugar.

Tabla 4 Porcentaje de uso de las herramientas de ME para cada problema.

ÁREA	PROBLEMA	IMPORTANCIA DE LA HERRAMIENTA									
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
PRODUCCIÓN	Generación de desperdicios	40%	5'S 30%	10%	10%	10%					
	Mala distribución de planta	66%	11%	5'S 10%	3%	2%	1%	1%	1%	1%	Andon 1%
	Orden y limpieza	5'S 87%	4%	2%	2%	1%	1%	1%	1%		
	Paros de equipo y maquinaria	62%	8%	AMEF 8%	8%	SMED 8%	8%				
	Procesos no estandarizados	47%	12%	10%	8%	6%	6%	5'S 4%	2%	2%	2%
SEGURIDAD E HIGIENE	Instalaciones inseguras	41%	27%	10%	6%	5'S 5%	4%	3%	1%	AMEF 1%	1%
CALIDAD	Certificación ISO	26%	26%	13%	11%	6%	6%	5'S 4%	4%	2%	2%
	Falta de medición de la calidad	48%	21%	AMEF 10%	7%	Ayudas visuales 3%	3%	3%	3%		
	Rechazos	25%	25%	PokaYoke 15%	AMEF 15%	5%	5%	5%	5%		
ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	Falta de planeación estratégica	15%	15%	12%	12%	12%	8%	4%	AMEF 4%	4%	4%
	Falta de políticas de inventarios	72%	9%	6%	3%	5'S 3%	3%	3%			
	Nivelación de las tasas de producción	29%	21%	14%	14%	7%	5'S 7%	7%			
PROCEDIMIENTOS	Procedimientos ADMIN no documentados	48%	17%	10%	5'S 7%	3%	3%	3%	3%	3%	

Con un menor porcentaje de participación y grado de importancia se presentan las herramientas de: Poka Yoke con un 15% ocupando un tercer lugar para resolver problemas de rechazo en el área de calidad. En un quinto lugar se presenta la herramienta SMED con un 8% para resolver paros de equipo y maquinaria en el área de producción. Ocupando esa misma posición, pero con un 3% de representación se encuentra la herramienta de Ayudas Visuales para resolver problemas de falta de medición de la calidad. Nuevamente se repite en el área de producción, pero enfocado al problema de mala distribución de planta la herramienta Andon con un 1%, ocupando el décimo lugar.

La tabla 5 incluye únicamente las herramientas de ME que se han empleado en los proyectos de integración, la información se muestra por año, partiendo del 2009 y terminando en el 2017; para cada año se presenta qué herramientas se emplearon, en qué posición se encuentra esa herramienta según su frecuencia de uso y qué porcentaje de los problemas fueron abordados con ella.

Tabla 5 Porcentaje anual de casos abordados con cada herramienta entre 2009 y 2017.

Herramienta	FRECUENCIA DE USO									
	TOTAL	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
*Herramienta *Posición *Porcentaje de casos aplicados	5'S									
	1°	2°	1°	5°	6°	1°	1°	1°	1°	1°
	18%	14%	17%	9%	6%	17%	27%	20%	22%	22%
	AMEF									
	18°			12°				12°	8°	10°
	1%			3%				2%	3%	3%
	Poka Yoke									
	25°					25°		19°	16°	
	1%					1%		1%	1%	
	Ayudas visuales									
	26°					27°		13°		
	1%					1%		1%		
	Andon									
	31°						17°			
	0.2%						1%			
	SMED									
	32°						19°			
	0.2%						1%			

Esto se puede entender como una línea de tiempo en la cual se observa que a partir del año 2013 aparece la aplicación de 4 herramientas más de ME, correspondientes a Poka Yoke, Ayudas Visuales, Andón y SMED; lo cual responde a la incorporación de la UEA optativa de ME, para ese mismo año.

De igual manera, las herramientas de Poka Yoke y ayudas visuales, mejoran su posición a lo largo del tiempo, pasando de la posición 25 a la 16 y de la posición 27 a la 13, respectivamente. En el caso de la herramienta Andon y SMED ocupan la posición 17 y 19 respectivamente y no hay parámetro comparativo ya que en el año 2014 fue la primera aparición de estas herramientas para la solución de problemas. En el caso de la herramienta AMEF su primera aparición fue en el año 2011 y luego reaparece en el 2015 ocupando en ambos casos la doceava posición, en el año 2016 se posiciona en el octavo lugar, para decaer dos lugares en el año 2017. A pesar de esto, su aparición en la solución de problemas ha sido constante a partir del año 2015.

La figura 2 está enfocada a la herramienta de 5'S, en esta se muestran los problemas que fueron atendidos con esa herramienta, así como su porcentaje, resaltando que el 72% de los casos se trataron del problema Orden y limpieza seguido de Distribución de Planta con un 12%. Esto tiene correlación en la

frecuencia de aparición e importancia de uso de esta herramienta ya que todo indica que dicha herramienta ha sido usada ampliamente para dar solución a un problema de índole básica e indispensable para el adecuado funcionamiento de cualquier empresa.

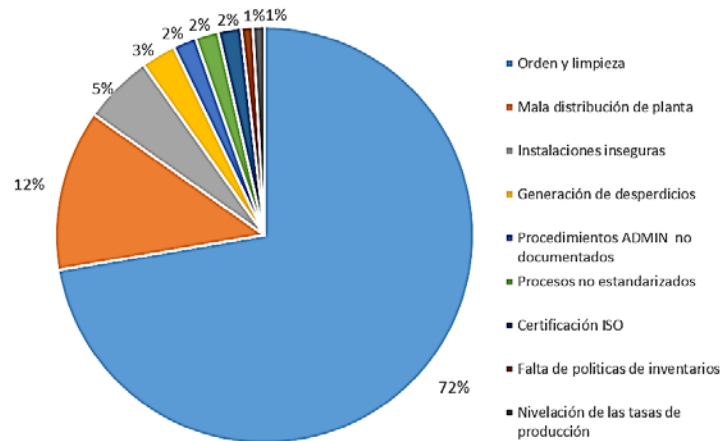


Figura 2 Porcentaje de problemas abordados con 5´S.

4. Discusión

Los resultados obtenidos muestran que Producción representa un área de oportunidad importante para la implementación de los elementos de la ME y que la mayoría de los problemas presentados responden a requerimientos básicos dentro de una organización como es el de asegurar un adecuado flujo productivo de material e información.

Respecto a las herramientas propuestas, se pone en evidencia que la más utilizada en la mayoría de los casos, independientemente del área de aplicación son las 5´S. Esto muestra la versatilidad de su aplicación, que, al ser muy amplia, puede ser usada desde diferentes enfoques.

Cabe mencionar que la metodología 5´S, es una técnica muy útil y beneficiosa en la organización industrial, mediante su implementación se puede mejorar la calidad, la productividad y la eficiencia de la organización, también tiene un efecto positivo en el rendimiento general [Shaikh; 2015]

A lo largo de los años que conforman este estudio, se observa que la metodología de 5´S se posiciona en primer lugar, es decir que se ha convertido en una

herramienta de primera necesidad para responder a problemáticas en una empresa, esto se debe a que las 5'S es una metodología que estandariza e implementa series sencillas de orden y limpieza en los puestos de trabajo eliminando las mudas, haciendo de ella la puerta de entrada a las otras herramientas, generando motivación a los empleados al ver cambios positivos en la implementación [Manzano *et. al*; 2016]

Esto parece indicar que en las empresas se trata de emplear estas técnicas en busca de la mejora continua, pero se observa que carecen de las condiciones mínimas para su implementación, como es un programa de limpieza, estandarización de sus procesos y el resguardo adecuado del inventario y material utilizado en su proceso.

En lo que respecta al porcentaje de los problemas que fueron resueltos con estas herramientas, se muestra un comportamiento ascendente o constante en algunos casos. Esto demuestra que la presencia de estas tiende al alza, y hay muchas posibilidades de que éstas se conviertan en las primeras opciones para solucionar problemas en las diferentes áreas. Ante estos resultados se puede inferir que el contenido abordado en dicha UEA impacta en el conocimiento previo de los alumnos para dar solución a una problemática con herramientas enfocadas a la mejorada continua.

5. Conclusiones

La incorporación de la UEA de Manufactura Esbelta ha contribuido a la aportación de conocimiento de nuevas técnicas e instrumentos de mejora continua, esto ha permitido que su aplicación sea cada vez más frecuente para solucionar problemas que anteriormente se venían analizando con aspectos tradicionales.

La constante aplicación de la técnica de 5'S, pone en evidencia que las empresas bajo estudio, independientemente de sus características, presentan problemas básicos como es el de orden y limpieza. Esto indica que a pesar de que hay elementos dentro de la filosofía de manufactura esbelta que garantizan una mejora continua en los procesos productivos, no se está aprovechando en su totalidad la ventaja competitiva que éstas ofrecen. Los estudiantes están aplicando las

herramientas cada vez más, pero de una manera aislada y no en conjunto como un ciclo de mejora.

Un elemento para considerar es que Sistemas de Manufactura Esbelta, UEA en la que se abordan los elementos y herramientas de ME, es una materia optativa, por lo que no todos los estudiantes de la licenciatura la cursan y al tratarse de la única materia en la que se ponen en práctica estos aspectos, un significativo porcentaje de alumnos egresan sin conocerlos.

La necesidad de incluir en la formación del ingeniero industrial herramientas de ME se evidencia ante los requerimientos crecientes de las empresas como la necesidad de implementar sistemas de control económicos y fáciles de utilizar y por otro lado para dar solución a las exigencias que el mercado internacional impone, como la certificación bajo normas ISO, en las cuales se encuentra un área de oportunidad al momento de realizar un análisis de riesgos.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Arrieta, J. Muñoz, J. Salcedo, A. Sosa, S. Aplicación lean manufacturing en la industria colombiana. Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development, August 3-5, 2011, Medellin, Colombia, 1-11. 2011.
- [2] Cachon, G. Terwiesch, C. Matching Supply and Demand. International Edition. Singapore: McGraw-Hill. 2009
- [3] León, G. E. Marulanda, N; González, H. Factores claves de éxito en la implementación de lean manufacturing en algunas empresas con sede en Colombia. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de Nariño Vol. XVIII. No. Páginas 85-100.2017
- [4] Manzano, M. Gisbert, V. Lean Manufacturing: implantación 5'S. 3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme, Vol 5, No 4, 16-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n4e20.16-26>. 2016.
- [5] Martínez, P. Martínez, J. Nuño, P. Cavazos, J. Mejora en el tiempo de atención al paciente en una unidad de urgencias gineco-obstétricas mediante

- la aplicación de Lean Manufacturing. Revista Lasallista de Investigación - Vol. 13 No. 2 46- 56, julio-diciembre 2016.
- [6] Niño, L. Bednarek, M. Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta en PyMES Industriales mexicanos, Ideas CONCYTEG, 5(65), pp. 1284-1307. 2010
- [7] Rajadell, M. Sánchez, J. Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. España: Editorial Díaz de Santos. 2010.
- [8] Shaikh, S. Alam, A. Ahmed, K. Ishtiyak, S. Hasan, S. Review of 5'S Technique. International Journal of Science, Engineering and Technology Research, 4(4), 927-931.2015
- [9] Socconini, L. Lean Manufacturing. Grupo Editorial Norma. 2013
- [10] Urián, T. Aprendizajes de manufactura esbelta para futuros ingenieros industriales. 15 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. Bogotá Colombia. 2010
- [11] Waring, J. Bishop, S. Lean healthcare: Rhetoric, ritual and resistance. Social Science & Medicine, 71(7), 1332-1340. 2010
- [12] Weinstock, D. Lean healthcare. The Journal of Medical Practice Management, 23(6), 339-41.2008.
- [13] Wilches, M. J. Cabarcas, J. C. Lucuara, J. González, R. Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el mejoramiento de la cadena de valor de una línea de producción de sillas para oficina. Revista Dimensión Empresarial, vol. 11, Núm. 1, pp. 126-136. 2013.