

UNA MIRADA INTEGRAL DE LAS DIDÁCTICAS ACTIVAS EN LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE DEL LEAN MANUFACTURING

AN INTEGRAL VIEW OF ACTIVE DIDACTICS IN THE TEACHING AND LEARNING OF LEAN MANUFACTURING

*Marianita Galarza Cevallos*¹

*Walter Donneys Muñoz*²

*Ivan Miguel Londoño Silva*³

RESUMEN

ABSTRACT

En el presente artículo se hace una contextualización del Lean manufacturing como modelo de administración de la producción con el objetivo de revisar las metodologías utilizadas en el proceso de enseñanza - aprendizaje de esta herramienta en las diferentes instituciones de educación superior (IES) y SENA en los programas de Tecnología de Producción Industrial, Gestión de la Producción e Ingeniería Industrial, que contribuyen al mejoramiento de la productividad y la competitividad de las compañías, enfocando las didácticas activas con un ejercicio de Fischertechnik como una metodología integral y práctica que permite a través de la simulación de procesos industriales la identificación de las mudas o pérdidas que se presentan a diario. A través de talleres y ejercicios prácticos se realiza el diagnóstico de la situación actual de un proceso y según los hallazgos o desviaciones de los diferentes indicadores y mudas (pérdidas) se plantean las mejoras a partir de la aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing como son entre otras 5'S, Smed, VSM, Poka Yoke, Kanban, etc. permitiendo al estudiante obtener una visión global y real de los diferentes problemas y sus causas raízales, generando en él a través de esta didáctica activa la interacción como si estuvieran en casos reales en las empresas.

In this article a contextualization of Lean manufacturing is done as a production management model with the objective of reviewing the methodologies used in the teaching - learning process of this tool in the different institutions of higher education (IES) and SENA in the Industrial production technology, Production management and industrial engineering programs, which contribute to the improvement of the productivity and competitiveness of companies, focusing on active teaching with an exercise of Fischertechnik as an integral and practical methodology that allows through the simulation of industrial processes the identification of the changes or losses that occur daily. Through workshops, the diagnosis of the current situation of a process is made and according to the findings or deviations of the different indicators and changes (lost), improvements are proposed based on the application of Lean Manufacturing tools, such as 5 'S, Smed, VSM, Pokayoke, Kanban, etc. allowing the student to obtain a global and real vision of the different problems and their root causes, generating in it through this didactic active interaction as if they were in real cases in their companies.

Palabras clave: Lean Manufacturing, desperdicios, PyME, mudas, metodología, pedagogía.

Keywords: Lean manufacturing, waste, SMEs, moults, methodology, pedagogy.

¹Ingeniera Industrial, Magister Logística Integral, Instructor Producción Industrial. mgalarzac@sena.edu.co; magalarza@misena.edu.co

²Administrador de empresas, Instructor TPM Colombia Atlanta EEUU, Magister en Administración de Empresas, Director de los programas de Ingeniería Industrial y Tecnología en Producción en la Institución Universitaria Antonio José Camacho. wdonneys@admon.uniajc.edu.co; wdonneys27@gmail.com

³Ingeniero electrónico, Msc, en Tecnología educativa y competencias digitales. Instructor SENA. Integrante de la Unidad de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico – UIADTI. Líder del semillero de automatización. imlondono@sena.edu.co; ivan.londono@misena.edu.co

INTRODUCCIÓN

La producción ha venido cambiando con el paso de los años para lograr satisfacer cada una de las necesidades de los participantes a lo largo de la cadena de suministros. El gran interrogante es cómo lograr esto?. En un comienzo se producía artesanalmente donde la atención era totalmente personalizada; se producía lo que se requería a un alto costo, en bajos volúmenes de producción y con una espera bastante considerable.

Luego aparece la industrialización; es decir, las máquinas. Llega la producción en masa, lo que va ligado al incremento de variables en los procesos de producción, lo cual conlleva a la división del trabajo generando trabajos más especializados, logrando el crecimiento de la industria. Henry Ford tomando como base la forma de producción y organización del trabajo dada por Taylor genera un cambio drástico en los sistemas de producción, al hacer producción en masa; se trabajaba un producto en línea continua, se debían producir grandes cantidades de un mismo producto, el enfoque era sacar la cantidad que pedían.

Posteriormente después de la segunda guerra mundial por la crisis que se generó en Japón y en busca de mejorar la productividad en la empresa Toyota, el ingeniero japonés Eiji Toyoda, realizó un viaje a la planta Rouge de Ford, en Detroit, donde identificó las diferentes pérdidas (mudas) que aparecen a lo largo de un proceso que son criterios fundamental de la metodología Lean Manufacturing.

Según la dinámica que se vive actualmente en las industrias generada por la globalización;

las empresas deben permanentemente reinventarse, hacer ajustes al interior de sus compañías que les permitan ser más competitivos para garantizar la permanencia en el mercado. Es aquí, donde se ve la pertinencia o utilidad de la implementación de un modelo como lean manufacturing en las diferentes MiPymes de la región.

En el presente artículo se ve la importancia que desde las instituciones de formación técnico tecnológico y profesional se utilicen didácticas activas que permitan en los estudiantes y aprendices despertar y desarrollar competencias, conocimientos y habilidades en modelos como lean manufacturing llevando su aplicación a las diferentes MiPymes que garanticen el aumento de su productividad y competitividad. Se revisarán las competencias y/o contenidos programáticos de las tecnologías de producción industrial e ingeniería industrial en la región, en el país e internacionalmente a través de referencias bibliográficas y trabajo de campo para validar su metodología de enseñanza, transferencia de conocimiento y la utilización de herramientas didácticas en el proceso de enseñanza aprendizaje que lleven a los estudiantes a replicar el modelo de lean manufacturing en las diferentes industrias donde desarrollen su etapa laboral.

En el centro de Electricidad y automatización industrial del Sena se desarrolló un proyecto utilizando una planta industrial a pequeña escala donde a partir de didácticas activas se pudo hacer la aplicación de la metodología Lean Manufacturing y aplicar diferentes herramientas según lo encontrado en el diagnóstico que llevaron a mejorar las competencias o conocimientos de los estudiantes generando

un aporte positivo en las industrias a partir de sus conocimientos bases.

METODOLOGIA

Para el desarrollo de este documento en la primera fase se recurre a la revisión bibliográfica de artículos, papers y otros documentos que permiten contextualizar las definiciones y la aplicabilidad del Lean Manufacturing en las industrias con la construcción de una matriz de bases de datos y motores de búsqueda que garantizara la pertinencia de los textos encontrados. Se elaboró matriz de búsqueda para vigilancia tecnológica de referencias bibliográficas sobre los conceptos, definiciones y aplicación del Lean Manufacturing.

Con los documentos seleccionados en la matriz elaborada se procedió a validar la información recolectada según la pertinencia con el artículo a desarrollar. Con la información validada de los artículos, libros, bases de datos e información en general sobre la definición, conceptos y aplicación del Lean Manufacturing se procede a realizar la contextualización del tema.

Como segunda fase se realizó una revisión general en instituciones de Educación Superior (IES), y Sena sobre el proceso de enseñanza aprendizaje del Lean Manufacturing en los programas de producción Industrial e Ingeniería Industrial y se realizó encuesta a docentes de las mismas instituciones sobre las metodologías utilizadas. Se recopiló información de los contenidos programáticos, planes de curso, mallas curriculares, micro currículo, competencias de Instituciones de Educación Superior (IES) e instituciones de Formación para el trabajo de las materias afines

y/o relacionadas con producción.

Se revisó toda la información descrita para identificar en qué materias o competencias se enseña el tema de lean manufacturing y la metodología utilizada para el proceso de enseñanza aprendizaje que permita la apropiación del conocimiento.

Luego se recurrió a fuentes primarias como es la encuesta dirigida a docentes e instructores de diferentes instituciones de educación superior (IES) e instituciones de Formación para el trabajo de Ingeniería Industrial, Tecnología de Producción Industrial, para determinar qué tanto se conoce de la metodología lean manufacturing, cómo es su aplicación pedagógica, como es el enfoque pedagógico y la metodología utilizada en el proceso de enseñanza aprendizaje; si son utilizadas didácticas activas en la enseñanza de este modelo.

Después de recopilada esta información se realiza el análisis a través de la construcción de una matriz que permite identificar los temas y metodologías utilizados en el proceso enseñanza aprendizaje del modelo Lean Manufacturing en las diferentes instituciones encuestadas para validar si se aplican didácticas activas en la enseñanza de este modelo.

En la tercera fase se construyeron cuatro módulos de manufactura para la simulación de una planta productiva escogiendo un proceso productivo para la aplicación del modelo Lean Manufacturing utilizando didácticas activas elaborando un diario de campo que permitió la trazabilidad del proceso.

Se adquirieron cuatro módulos de la

empresa Fischertechnik para simular una planta productiva. Se armó cada módulo que simula los procesos de Almacenamiento de materia prima, producción, separación (Picking), almacenamiento de producto terminado. Se define el tipo de producto a fabricar acorde al proceso productivo de la planta diseñada anteriormente.

Se realizó la planeación de la producción definiendo la cantidad de máquinas y operarios requeridos para el proceso a realizar. Se define diagrama de flujo de operación. Se determinan tiempos y movimientos para el diagrama de flujo de operación diseñado. Se plantean las diferentes herramientas de Lean Manufacturing que se pueden utilizar en el proceso de producción diseñado. Se aplican las herramientas de lean manufacturing necesarias para la eliminación de mudas o pérdidas en

el proceso diseñado que permitan aumentar la productividad. Se realizan las pruebas y simulaciones necesarias para determinar mejorar en proceso productivo actual.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Primera Fase: Contextualización general del Lean Manufacturing.

Como parte de la contextualización Se elaboró una matriz de búsqueda para vigilancia tecnológica de referencias bibliográficas sobre los conceptos, definiciones y aplicación de herramientas didácticas en el proceso de enseñanza aprendizaje del Lean Manufacturing. La matriz contiene las diferentes fuentes utilizadas para la contextualización del Lean Manufacturing como modelo de administración que aporta a la productividad y competitividad en las Mi Pymes e industrias en general.

Cuadro 1. Matriz revisión bibliográfica documentos Lean Manufacturing

CRITERIOS DE SELECCIÓN DOCUMENTAL		
ARTÍCULO: " Una mirada integral de las didácticas activas en la enseñanza aprendizaje del lean manufacturing"		
Objetivo: Investigar sobre las temáticas relacionadas con Optimización de procesos productivos, Generalidades LEAN MANUFACTURING para fines de establecer la contextualización para la elaboración de un artículo científico relacionado con las didácticas activas en la enseñanza aprendizaje del lean manufacturing como modelo de administración en los procesos productivos industriales.		
Título	TEMÁTICAS	Datos Bibliográficos
Guía rápida para la implementar Lean Manufacturing en MiPymes	Teoría	Tipo de documento: Libro Autores: Sara Yepes, Mónica Patricia Editor: Cali Unicatólica 2017 Año: 2017 Ciudad: Cali Edición: 1. Descripción: 131 páginas 22 cm. ISBN: 978-958-56063-1-9.
Lean seis sigma: investigación y práctica	Teórico - Aplicado	Tipo de documento: Libro Autores: Kumar, Maneesh Antony, Jiju. Año: 2011 Ciudad: Medellín Editor: bookboon.com ISBN: 9788776817688

Aplicación Lean Manufacturing en la industria colombiana: revisión de la literatura en tesis y proyectos de grado	Aplicación	Tipo de documento: Ponencia Autores: Sossa Gutiérrez, Steven Salcedo Echeverri, Andrea Muñoz Domínguez, Juan David Arrieta, Juan Gregorio. Año: 2017 Ciudad: Editor: Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions (LAC) ISBN: 20130101-016
Desarrollo de un juego didáctico para aprendizaje de herramientas lean	Aplicación	Tipo de documento: Trabajo final de maestría Autores: Rodrigo Lago, Gema. Año: 2016 Ciudad: Valladolid- España
Introducción a la manufactura esbelta	Teoría	Tipo de documento: Artículo Autores: Reeb, James E.; Leavengood, Scott. Año: 2010 Ciudad: Oregón, Estados Unidos Editor: Oregon State University (OSU) ISBN: 20130101-010
Impacto de los juegos didácticos como herramienta metodológica en el aprendizaje y la enseñanza de la ingeniería industrial	Teoría	Tipo de documento: Artículo de revista Educación en ingeniería. Autores: José Orlando Montes de la Barrera, Helman Enrique Hernández Riaño, Jorge Mario López Pereira y Juan Ángel Chica Urzola Año: 2010 Ciudad: Bogotá Colombia ISSN 1900-8260
Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes	Aplicación	Tipo de documento: Tesis/trabajos de grado - Thesis; Non Peer Reviewed. Autores: Aguirre Álvarez, Yenny Alejandra. Año: 2015. Ciudad: Medellín, Colombia Editor: Universidad Nacional de Colombia Número de acceso: unal.48916
Desarrollo de una línea de producción basado en Metodología Lean Manufacturing	Aplicación	Tipo de documento: Tesis. Autores: Rodríguez Castro, Mario. Año: 2017-06. Ciudad: Madrid, España. Editor: Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería Mecánica. Número de acceso: edbas.52485FE8
Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad	Teoría	Tipo de documento: Libro. Autores: Manuel Rajadell y José Luis Sánchez. Año: 2010. Ciudad: Madrid, España. Editor: Ediciones Díaz de Santos. ISBN: 978-84-7978-967-1 VERSIÓN PAPEL ISBN 978-84-7978-515-4 VERSION DIGITAL

Factores críticos de éxito y sostenibilidad de la manufactura esbelta: validación y mejora del modelo de Sisson y Elshennawy.	Aplicación	Tipo de documento: Tesis. Autores: Padilla Fajardo, Jorge Patricio. Año: 2019. Ciudad: Perú. Editor: Perú, South América: Pontificia Universidad Católica del Perú. ISBN:
Metodología Integral de Implantación del Sistema de Manufactura Esbelta- Edición Única	Teoría	Tipo de documento: Tesis. Autores: Rosalba Sánchez Ugalde. Año: 2015. Ciudad: México. Editor: North America: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. ISBN:
Modelo de Integración de Manufactura Esbelta-Seis Sigma con Principios de Ingeniería Concurrente Adaptable a PyME- Edición Única	Aplicación	Tipo de documento: Tesis. Autores: Javier Atala Villalvazo. Año: 2010. Ciudad: México. Editor: North America: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. ISBN:
Optimización de los procesos de manufactura usando prospectiva de Lean Manufacturing	Aplicación	Tipo de documento: Tesis. Autores: Benítez Flores, Dulce María. Año: 2014. Ciudad: México. Editor: Universidad Autónoma del estado de México. ISBN: Número de acceso: edsbas E3F17E63
Lean Manufacturing: implementation strategies that work: a roadmap to quick and lasting success / John W. Davis.	Aplicación	Tipo de documento: Libro. Autores: Davis, John W., 1938. Año: 2009. Ciudad: New York Industrial Press. Editor: Industrial Press, Inc.; Edición: 1 (8 de marzo de 2009). ISBN-10: 0831133856 ISBN-13: 978-0831133856.
Manual de Lean Manufacturing: guía básica / Alberto Villaseñor, Edber Galindo Cota.	Teoría	Tipo de documento: Libro. Autores: Alberto Villaseñor Contreras y Edber Galindo Cota. Año: 2011. Ciudad: México D. F Limusa. Editor: Grupo Noriega Editores. ISBN: 9786070500428.
Lean Manufacturing Bases de línea de negocio	Teoría	Tipo de documento: Libro. Autores: Wang, John X. Año: 2010. Ciudad: New York. Editor: CRC Press.

		ISBN:978-1-4200-8602-7 , 978-0-429-14103-4, 978-1-4200-8603-4.
Evaluation model for organizational culture adaptations to implement Lean Manufacturing successfully	Aplicación	Tipo de documento: Tesis. Autores: Taheri mashhadi, Mehrsa. Año: 2018. Ciudad: Catalunya. Editor: Universitat Politècnica de Catalunya. ISBN: Número de acceso: edstdx.10803.663478
Mejora de procesos productivos mediante Lean Manufacturing.	Aplicación	Tipo de documento: Artículo de Revista Autores: Escalda Villalobos, Ismael, Jara Valés, Paloma Letzkus Palavecino, Manuel. Año: 2016 Ciudad: Chile. Editor: Trilogía. jul2016, Vol. 28 Issue 39, p26-55. 30p. Universidad tecnológica metropolitana ISSN: 0716-0356
Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta Lean Manufacturing	Aplicación	Tipo de documento: Artículo de Revista Autores: G. Vargas-Hernández, José Muratalla-Bautista, Gabriela Jiménez Castillo, María Teresa. Año: 2018 Ciudad: Guadalajara, México. Editor: Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas. Universidad de Guadalajara. ISSN: 00096784
Factores claves de éxito en la implementación de Lean Manufacturing en algunas empresas con sede en Colombia	Aplicación	Tipo de documento: Artículo de Revista Autores: LEÓN - Gonzalo Emilio, MARULANDA - Natalia, GONZÁLEZ - Henry Helí. Año: 2016 Ciudad: Medellín, Colombia Editor: Universidad de Nariño ISBN: 0124-8693
El avión de la muda: herramienta de apoyo a la enseñanza-aprendizaje práctico de la manufactura esbelta	Aplicación	Tipo de documento: Artículo Autores: Pérez Rave, Jorge Iván. Año: N.º 58 pp. 173-182. Marzo, 2011 Ciudad: Antioquia, Colombia Editor: Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería ISBN: 01206230

El Mapa de la Cadena de Valor como herramienta de diagnóstico de sistemas productivos. Caso: línea de producción láctea	Aplicación	Tipo de documento: Artículo Autores: Denis Carolina MORENO CASTILLO; Gloria Elizabeth GRIMALDO LEÓN; Maria Camila SALAMANCA MOLANO. Año: Vol. 39 (Nº 03) Año 2018. Pág. 17 Ciudad: Boyacá, Colombia Editor: Revista ESPACIO ISBN:
---	------------	--

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Con los documentos seleccionados se procedió a validar la información recolectada según la pertinencia con el artículo a desarrollar para realizar la contextualización, donde se evidenció que la técnica didáctica en el proceso de enseñanza aprendizaje del modelo Lean Manufacturing tanto a nivel industrial como en la educación es muy poco usada, para la transferencia del conocimiento se utilizan los métodos tradicionales y en los escritos revisados se definen conceptos y se enuncian casos de aplicación del modelo Lean en las diferentes industrias.

De la información revisada se define la metodología Lean como una filosofía. Define tres tipos de actividades que son:

Actividades que agregan valor: es la transformación de materiales o información que da como resultado un producto acorde a las necesidades del cliente y que es pagada por el cliente final.

Actividades que no agregan valor: son actividades necesarias para la realización del producto pero no agregan valor; estas actividades no se pueden eliminar, pero se debe trabajar en la disminución constante en los diferentes procesos.

Desperdicios: Taiichi Ohno define el

desperdicio o despilfarro como “todo lo que exceda la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas y tiempo de trabajo que sea absolutamente esencial para la producción de cualquier producto”, se puede decir que son gastos innecesarios, es cuando se invierte en algo que no se requiere o cuando se gasta más de lo que se tenía presupuestado. La metodología Lean Manufacturing define siete grandes desperdicios:

Sobreproducción: Es cuando se produce más de lo que se requiere, o antes de ser solicitado. Está sobreproducción lleva a generar más inventarios, requerir más espacio en planta, duplica movimientos, requiere más tiempos en producción, el dinero se invierte y se recupera muy lentamente.

Tiempos de espera: Son tiempos perdidos o los tiempos muertos que se generan cuando no se tiene claro lo que se debe elaborar, cuando no se han recibido instrucciones, cuando no ha llegado el material, etc. son todos los momentos que el operario debe esperar para continuar su labor normal.

Inventarios: Son muy importantes en las organizaciones y hacen parte de sus activos. Conocer la cantidad de inventario óptimo ha resultado una tarea difícil en las compañías, es

importante para definirlo conocer el objetivo de porqué existen los inventarios: normalmente se tienen para satisfacer la demanda.

Movimientos: Son los traslados del personal dentro de la empresa o en su puesto de trabajo sin aportar valor al producto como por ejemplo él buscar herramientas, él ir a buscar materiales, etc.

Transporte: Se definen como los movimientos de material e información que puede darse desde un proceso a otro, desde un almacén a un proceso. Los transportes no añaden valor al producto, el cliente no lo ve pero si tiene un costo para la compañía

Defectos en el producto: Son los problemas que surgen cuando se están procesando los productos debido a entre otras la utilización de una máquina inadecuada, material defectuoso, máquinas sin mantenimiento, etc.

Exceso de procesos: Son los procesos que no agregan valor al producto, procesos que no se tienen estandarizados ni en método ni en tiempo.

En este artículo antes de entrar en materia abordaremos algunas herramientas del Lean Manufacturing haciendo una breve definición y aplicación dentro de la metodología:

5S: Se utiliza para dar orden, limpieza y organización en el lugar del trabajo. Con esta herramienta se elimina lo que no se necesita, solo se deja organizadamente lo que realmente se utiliza evitando pérdidas de tiempo y recurso. **SMED:** Single-Minute Exchange of Die, busca reducir los tiempos de cambio en las máquinas

y equipos dentro del proceso productivo.

ESTANDARIZACIÓN DE TRABAJOS:

Busca estandarizar los diferentes procesos y procedimientos en las organizaciones que permitan identificar su secuencia, duración, recursos necesarios.

VSM: Value Stream Mapping, Mapeo de Flujo de Valor, sirve para determinar el flujo en el proceso de producción, identifica los procesos que agregan valor, los procesos que no agregan valor, determinar el Takt Time del proceso. Muestra gráficamente la situación de un proceso determinado.

TPM: Total Productive Management nace como el mantenimiento preventivo periódico que se realiza a los equipos antes de que se produzcan las fallas. En su evolución aprovecha el conocimiento de los operarios para que no solo el equipo de mantenimiento sino todo el equipo involucrado en el proceso participen en las actividades de mantenimiento logrando entre otros cero defectos, cero accidentes, mayor productividad, con el pasar de los tiempos se convierte en un modelo de administración ideal para trabajar en la disminución continua de las pérdidas en los procesos analizando la empresa como un todo.

KANBAN: Tarjeta, busca que el encargado del proceso visualice de forma rápida el requerimiento. Utilizando señales mueve las unidades a lo largo de la línea de producción.

JIDOKA: Automatizar con un toque humano, se busca que al detectar el problema se haga una parada, se corrija, no continúe

hasta solucionarlo. Se hace un autocontrol en cada proceso verificando calidad paso a paso.

ANDON: es un control visual. Al detectar algún problema todas las personas se enteran del problema involucrando a todo el personal en la acción a realizar. Se considera un complemento de JIDOKA; al parar todo el proceso se alerta casi siempre mediante señales luminosas que puedan garantizar que todos estén enterados.

POKA YOKE: Buscan la mejora de la calidad en cada proceso, buscan corregir los errores humanos antes de que se conviertan en defectos. Ninguna operación del proceso deberá enviar productos defectuosos a la siguiente garantizando calidad en cada punto.

JUST IN TIME: Se considera una filosofía, consiste en producir la cantidad necesaria en el momento justo eliminando grandes inventarios, disminuyendo costos de producción.

Segunda Fase

La revisión de en las IES (instituciones de Educación Superior) y el SENA de contenidos programáticos de las materias relacionadas con la producción industrial de los programas de tecnología de producción industrial e ingeniería industrial muestran un número importante de las materias que tienen relación directa con el modelo Lean Manufacturing y cómo aportan a la mejora de la productividad y la competitividad en las industrias, curiosamente en las instituciones el tema de Lean Manufacturing como modelo de administración de la producción o como materia específica sólo se tiene en cuenta en el (31%) de las analizadas y se identifica que solo el 4 % usan metodologías didácticas en el proceso de enseñanza aprendizaje de este modelo Lean Manufacturing.

A continuación, se muestran cuadros con la información detallada.

Cuadro 2. Revisión contenidos de programa IES y SENA

Institución	Programa	Nombre Materia relacionada con Producción	Cantidad mat. de plan	Temas sobre Lean M.	Aplicación de herramientas Lean M.	Uso de Metodología didáctica en enseñanza
1	Tecnología en Gestión de la Producción	Métodos y tiempos I	1	0	1	0
1	Tecnología en Gestión de la Producción	Métodos y tiempos II	1	0	0	0
1	Tecnología en Gestión de la Producción	producción I	1	0	1	0
1	Tecnología en Gestión de la Producción	procesos industriales	1	0	0	0
1	Tecnología en Gestión de la Producción	producción II	1	0	1	0
1	Tecnología en Gestión de la Producción	control estadístico de procesos	1	1	1	0
1	Tecnología en Gestión de la Producción	producción III	1	0	1	0
1	Tecnología en Gestión de la Producción	distribución en planta	1	0	0	0
2	Ingeniería Industrial	Sistemas integrados de manufactura	1	1	1	0
3	Tecnología en Gestión de la Producción	Implementación de herramientas de optimización de recursos para el mejoramiento de los procesos productivos	1	1	1	1
4	Tecnología en Producción Industrial	Planeación Productiva	1	0	0	0
4	Tecnología en Producción Industrial	Control estadístico para producción industrial	1	0	0	0
4	Tecnología en Producción Industrial	Operación de la Producción Industrial I	1	0	0	0
4	Tecnología en Producción Industrial	Control de métodos y Tiempos	1	0	0	0
4	Tecnología en Producción Industrial	Gestión de la Producción Industrial	1	0	0	0
4	Tecnología en Producción Industrial	Control de la Producción Industrial I	1	0	0	0
4	Tecnología en Producción Industrial	Distribución física de Plantas Industriales	1	0	0	0
5	Tecnología Industrial	Estudio de Métodos	1	0	0	0
5	Tecnología Industrial	Producción I	1	0	0	0
5	Tecnología Industrial	Ingeniería de Métodos	1	0	0	0
5	Tecnología Industrial	Producción II	1	0	0	0
5	Tecnología Industrial	Procesos Industriales	1	0	0	0
5	Tecnología Industrial	Diseño y Distribución de Planta	1	0	0	0
5	Tecnología Industrial	Gerencia de Producción I	1	0	0	0
5	Tecnología Industrial	Gerencia de Producción II	1	0	0	0
5	Tecnología Industrial	Gerencia de Producción III	1	1	1	0

Fuente: Elaboración propia (2019)

Cuadro 3. Resumen revisión contenidos de programa IES y SENA

INSTITUCION	Cantidad materias relacionadas con producción	Aplicación de Lean Manufacturing	Uso de Metodología didáctica en enseñanza
1	8	5	0
2	9	1	0
3	1	1	1
4	1	1	0
5	7	0	0
Total general	26	8	1
Porcentaje de aplicación		31%	4%

Fuente: Elaboración propia (2019)

Las encuestas de los docentes de las mismas instituciones de educación superior muestra que las metodologías utilizadas en el proceso de enseñanza aprendizaje de Lean Manufacturing son convencionales Teórico - prácticas y a pesar de tener laboratorios de producción no se utilizan metodologías didácticas que faciliten el proceso , se evidencia que enseñan temas

como 5S, Justo a Tiempo , Poka Yoke, Balanceo de línea, Smed , VSM , temas importantes para contribuir a la mejora continua en los proceso de producción aportando a la productividad y competitividad.

A continuación, se muestran el cuadro 4 con la información detallada.

Cuadro 4. Resumen y análisis encuestas docente sobre metodología de enseñanza aprendizaje Lean Manufacturing

Institución	Programa	Materias relacionadas con pn	Metodología utilizada	Tiene laboratorios de práctica de producción Industrial	Herramientas de Lean Manufacturing que utiliza
1	Tecnólogo en Gestión de la Producción	Mejoramiento industrial, Producción	TEORICO-PRACTICO	No	5's, pokayoke, JIT,
2	Tecnólogo en Gestión de la Producción	Procesos productivos, Herramientas de diagnóstico, distribución en planta, métodos y tiempos.	TEORICO-PRACTICO	NO	5's ,kanban, SMED
3	Tecnólogo en Producción Industrial	distribución en planta, producción , planeación y control de la producción procesos productivos	TEORICO-PRACTICO	SI	5's ,kanban, SMED, VSM
4	Tecnólogo en Producción Industrial	distribución en planta, producción , administración de la producción ,procesos productivos	TEORICO-PRACTICO	SI	Balanceo línea, JIT, OEE
5	Ingeniería Industrial	distribución en planta, producción , planeación y control de la producción procesos productivos	TEORICO-PRACTICO	SI	Balanceo línea, JIT, OEE
6	Ingeniería Industrial	Planeación y control de la producción, control estadístico de procesos, diseños de planta.	LUDICA PRACTICA ABC	SI	5's ,kanban, SMED, VSM
7	Ingeniería Industrial	Gestión avanzada de la producción.	TEORICO-PRACTICO	SI	5's ,kanban, SMED

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tercera fase

Para el desarrollo del proyecto el Sena adquiere cuatro (4) módulos de la empresa Fischertechnik que han sido desarrollados para simular aplicaciones de la vida real; en nuestro caso para la simulación de una planta industrial a pequeña escala donde a partir de la definición de un proceso productivo se aplicó la metodología Lean Manufacturing.

Para el desarrollo del proyecto se trabajó con aprendices Sena de los programas de Tecnología en Gestión de la Producción Industrial, Técnicos en Procesos de Manufactura y Tecnología en Automatización Industrial teniendo en cuenta la formación que reciben y los contenidos programáticos que incluyen la Metodología Lean Manufacturing en su proceso de formación.

Como primer paso se procede a definir cada uno de los módulos de Fischertechnik y su funcionalidad quedando de la siguiente manera:

Estación Clasificadora: Maneja 3 centros de almacenamiento temporal donde distribuye cada producto según la asignación dada. La estación tiene una banda transportadora que pasa el producto y utilizando un sensor de color lo clasifica y almacena temporalmente según el requerimiento.

Estación de Multiprocesamiento con Horno: Simula la entrada de producto al horno, lo retiene por un tiempo determinado simulando la cocción y luego lo lleva por una banda transportadora a él proceso siguiente. Esta misma estación tiene otro centro de trabajo que puede ser corte de material o pulido dependiendo del proceso escogido.

Bastidor Alto Automatizado: Simula un centro de almacenamiento de tres niveles; maneja una horquilla que toma el material ya sea desde la estantería hacia el punto de recolección o viceversa.

Pinza de succión al vacío: Brazo robótico que se utiliza para tareas de manejo, recoge piezas y con la ayuda de la pinza de vacío mueve dentro de un determinado espacio. Colabora a los otros procesos en la logística del movimiento de los materiales y de los productos terminados.

Luego de verificar su funcionamiento, hacer las pruebas respectivas y verificar que todo esté funcionando de acuerdo a lo que indica el fabricante se procede a diseñar el proceso que se llevará a cabo en la planta.

Después de conocer cada módulo se realiza con el equipo de trabajo una lluvia de ideas para escoger el proceso a simular sin dejar a un lado el alcance de cada uno de los módulos. Con el equipo se define realizar la implementación de una planta automatizada para la elaboración de pasteles de tres (3) diferentes sabores: Fresa, Vainilla, Mora.

Siguiendo con el proceso metodológico de enseñanza a proponer para el modelo de enseñanza aprendizaje de Lean Manufacturing se realizó un paso a paso para el desarrollo de la actividad simulando la intervención a una fábrica de pasteles. Se realizó la planeación de la producción definiendo los roles que iban a intervenir en él proceso, cantidad de materia prima, cantidad de máquinas, operarios requeridos para el proceso a realizar.

PRIMER PASO: DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL

Figura 1: Análisis Situación Actual



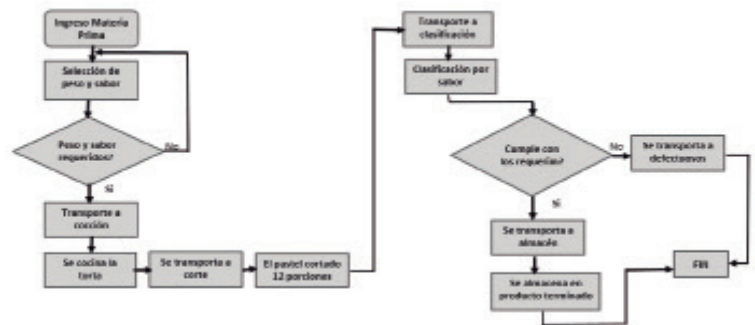
Fuente: Propia (2019)

Se define el Layout de la empresa.

Se elaboran las fichas técnicas de cada una de las máquinas que intervienen en el proceso.

Se elabora el diagrama de flujo.

Figura 2: Diagrama de Flujo del proceso de pasteles



Fuente: Elaboración Propia (2019)

Se elabora el diagrama de proceso y se determinan los tiempos y movimientos en cada estación de trabajo.

Figura 3: Diagrama de flujo de proceso planta de pasteles

DIAGRAMA DE PROCESO PLANTA DE PASTELES									
Producto: Pastel de fresa, Pastel de vainilla y Pastel de morn.					Ficha N° : 2834332.				
Actividad: Fabricación de pasteles industriales lotes de 3.					Lugar: Area de producción.				
					Operario: Juan Camilo Cadavid y Jhon Barrero.				
					Fecha: 17 de septiembre del 2019.				
ACTIVIDAD	●	➡	■	▼	D	TS	Costo por Seg	TOTAL \$	
Alistamiento de la M.P.	●					39,70	5	\$ 199	
Espera mientras se alista la materia prima.					●	42	20	\$ 840	
Recoge MP y la pone en el horno (Pastel 1)		●				31,84	20	\$ 637	
Espera mientras se alista la materia prima.					●	10	20	\$ 200	
Recoge MP y la pone en el horno (Pastel 2)		●				31,84	20	\$ 637	
Espera mientras se alista la materia prima.					●	28	20	\$ 560	
Recoge MP y la pone en el horno (Pastel 3)		●				31,84	20	\$ 637	
Cocción de la MP (Pastel 1).	●					15,60	50	\$ 780	
Transporte al area de Corte (Pastel 1)		●				12,87	20	\$ 257	
Corte de la torta (Pastel 1)	●					6,64	30	\$ 199	
Transporte al area de Clasificación (Pastel 1)		●				4,08	20	\$ 82	
Clasificación de la torta (Pastel 1)	●					3,65	15	\$ 55	
Transporte a PT (Pastel 1)		●				36,39	20	\$ 728	
Cocción de la MP (Pastel 2)	●					15,60	50	\$ 780	
Transporte al area de Corte (Pastel 2)		●				12,87	20	\$ 257	
Corte de la torta (Pastel 2)	●					6,64	30	\$ 199	
Transporte al area de Clasificación (Pastel 2)		●				4,08	20	\$ 82	
Clasificación de la torta (Pastel 2)	●					3,65	15	\$ 55	
Transporte a PT (Pastel 2)		●				36,39	20	\$ 728	
Cocción de la MP (Pastel 3)	●					15,60	50	\$ 780	
Transporte al area de Corte (Pastel 3)		●				12,87	20	\$ 257	
Corte de la torta (Pastel 3)	●					6,64	30	\$ 199	
Transporte al area de Clasificación (Pastel 3)		●				4,08	20	\$ 82	
Clasificación de la torta (Pastel 3)	●					3,65	15	\$ 55	
Transporte a PT (Pastel 3)		●				36,39	20	\$ 728	
TOTAL	10	12			3	482,91		\$ 10.011	
						7,55	22,65		

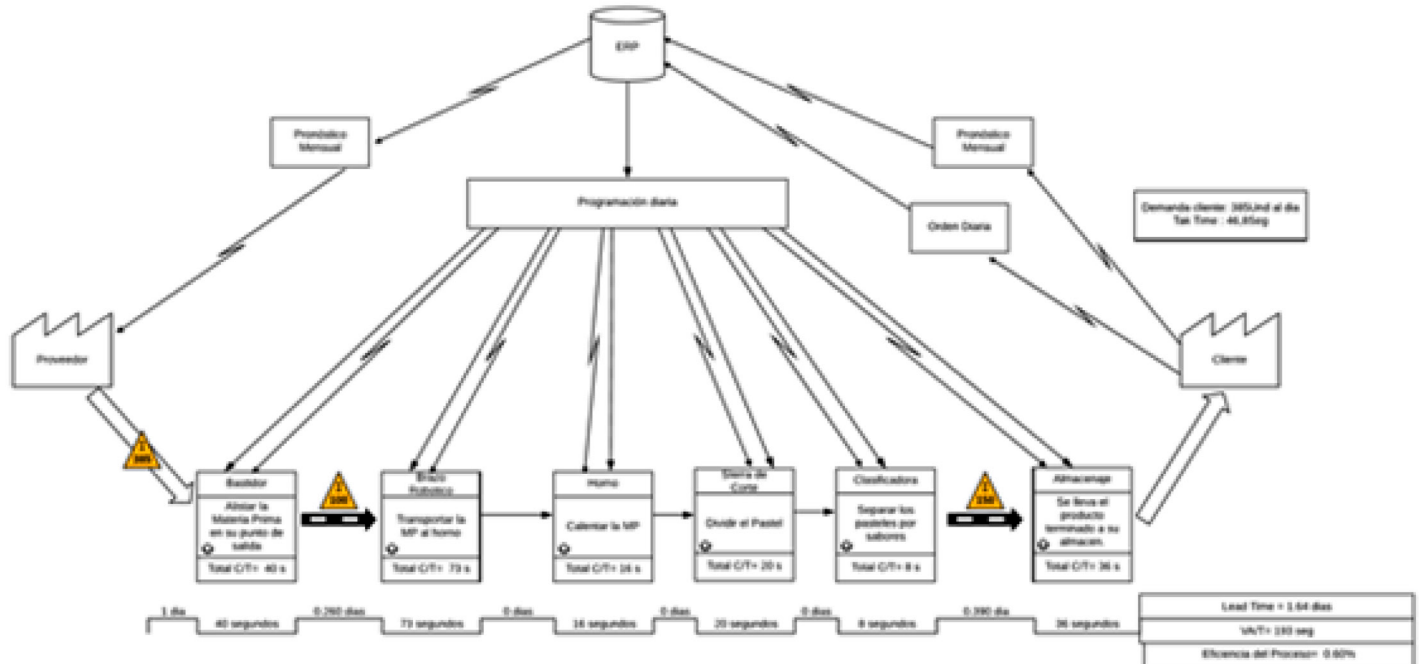
Fuente: Elaboración Propia (2019)

Se elabora el VSM - Mapa de Flujo de Valor

Se define el TAKT TIME del proceso.

Se calcula el tiempo de ciclo.

Figura 4 : VSM Situación actual



Fuente: Elaboración Propia (2019)

SEGUNDO PASO: ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

Se estudiaron las siete (7) mudas que se hacen referencia en la metodología Lean Manufacturing y se determinó cuales aplicaban en el proceso que se estaba desarrollando.

Las mudas encontradas en el proceso fueron: Transporte, sobreproducción, Tiempos de espera, inventarios.

Se analizaron los datos según las mudas reportadas en el proceso.

Se Identificó en cada una de las mudas reportadas las causas raízales que están generando el no valor agregado.

Se elaboró plan de acción para eliminación de actividades que no agregan valor en cada una de las áreas del proceso.

TERCER PASO: EJECUCIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN PROPUESTO.

Se ejecutaron las acciones planteadas que

contribuyen a la eliminación de las causas que generaban las diferentes mudas en el proceso. La primera muda analizada fue tiempos de espera. Se analizaron los tiempos de cada estación de trabajo. Se encontró que la estación 1 - Bastidor Alto Automatizado que es el encargado de entregar la materia prima a producción tenía una velocidad menor que las demás estaciones generando esperas. Se determinó crear un almacén de materia prima abierto para que el brazo robótico que recoge la materia prima para ser llevada a la siguiente estación que es el horno pudiera desarrollar su operación en menor tiempo. El bastidor se pasó al final del proceso recibiendo los productos terminados.

Se revisaron los movimientos innecesarios que realizaba el brazo robótico. El brazo robótico comenzaba en su punto inicial, iba hasta el almacén de materia prima, recogía la materia prima, llevaba la materia prima al horno, volvía

a su punto inicial y volvía a empezar el proceso. Como el brazo robótico contaba con un tiempo disponible se cambió su proceso para que después de que deje la materia prima en el horno verifique si hay producto terminado lo recoja y lo lleve al almacén de producto terminado. Para analizar la sobreproducción y los inventarios se tenía una producción continua; se pasó de producir en un sistema Push (empujar) que se basa en pronósticos a un sistema Pull (Jalar)

que se basa en pedidos. Solo que iba a producir cuando quedara un pastel de cada sabor.

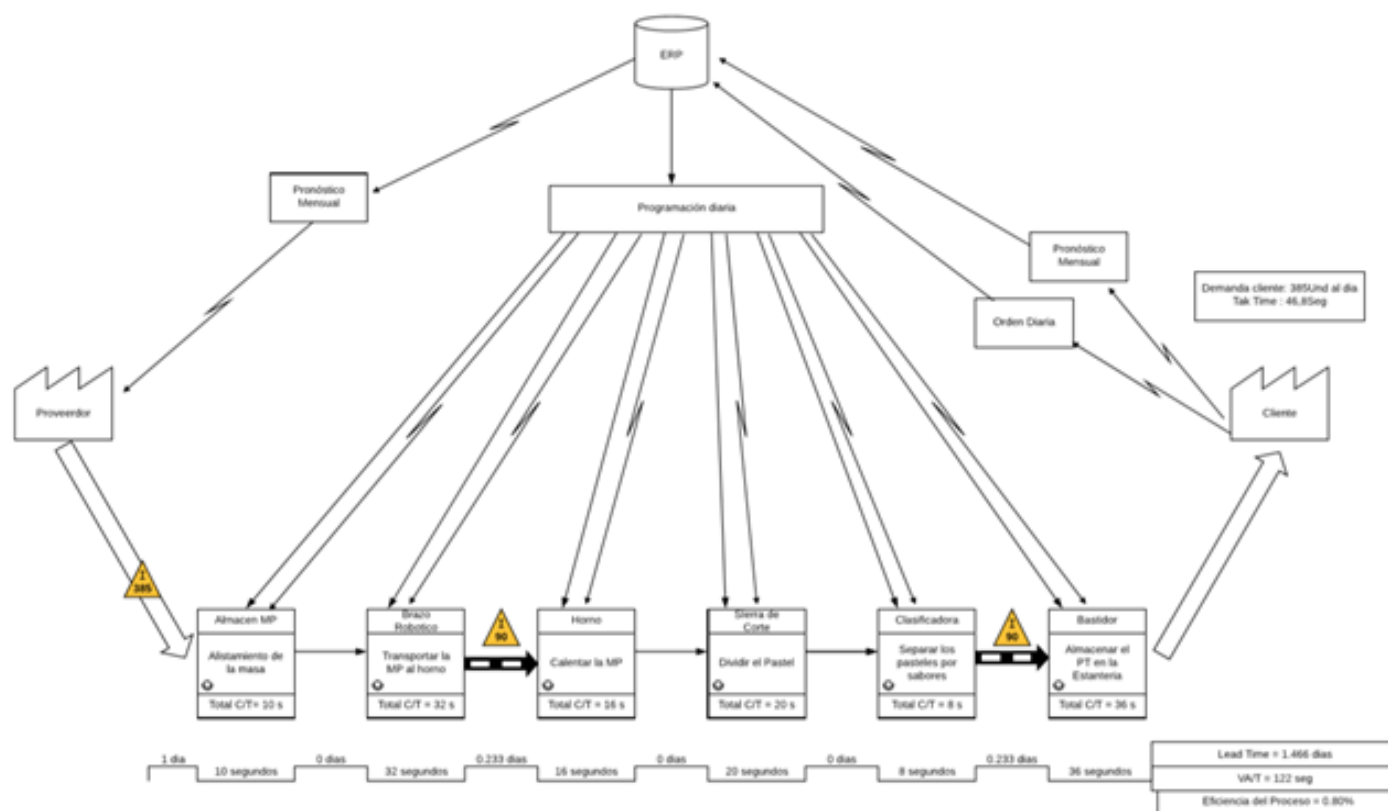
Se elaboró el nuevo diagrama de Flujo de Proceso, se tomaron los nuevos tiempos y se elaboró el VSM con la propuesta de mejoramiento ejecutada para revisar los logros obtenidos con las recomendaciones propuestas. Se logra mejorar los tiempos, eliminar las esperas y reducir los inventarios incrementando la productividad en la planta

Figura 5 : Diagrama de flujo de proceso propuesto planta de pasteles

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PLANTA DE PASTELES									
Producto: Pastel de fresa, pastel de vainilla y pastel de mora.							Ficha N° : 2834332. Lugar: Area de producción.		
Actividad: Fabricación de pasteles industriales lotes de 3.							Operario: Juan Camilo Cadavid y Jhon Barr Fecha: 17 de septiembre del 2019.		
ACTIVIDAD	●	➔	■	▼	■	●	TS	Costo Seg	TOTAL \$
Recoge MP y la pone en el horno (Pastel 1)	●						31,62	20	\$ 632
Recoge MP y la pone en el horno (Pastel 2)	●						31,62	20	\$ 632
Recoge MP y la pone en el horno (Pastel 3)	●						31,62	20	\$ 632
Coccion de la MP (Pastel 1)	●						15,60	50	\$ 780
Transporte al area de Corte (Pastel 1)		●					12,87	20	\$ 257
Corte de la torta (Pastel 1)	●						6,64	30	\$ 199
Transporte al area de Clasificación (Pastel 1)		●					4,08	20	\$ 82
Clasificación de la torta (Pastel 1)	●						3,65	15	\$ 55
Transporte a PT (Pastel 1)		●					36,39	20	\$ 728
Coccion de la MP (Pastel 2)	●						15,60	50	\$ 780
Transporte al area de Corte (Pastel 2)		●					12,87	20	\$ 257
Corte de la torta (Pastel 2)	●						6,64	30	\$ 199
Transporte al area de Clasificación (Pastel 2)		●					4,08	20	\$ 82
Clasificación de la torta (Pastel 2)	●						3,65	15	\$ 55
Transporte a PT (Pastel 2)		●					36,39	20	\$ 728
Coccion de la MP (Pastel 3)	●						15,60	50	\$ 780
Transporte al area de Corte (Pastel 3)		●					12,87	20	\$ 257
Corte de la torta (Pastel 3)	●						6,64	30	\$ 199
Transporte al area de Clasificación (Pastel 3)		●					4,08	20	\$ 82
Clasificación de la torta (Pastel 3)	●						3,65	15	\$ 55
Transporte a PT (Pastel 3)		●					36,39	20	\$ 728
TOTAL	9	12	0	0	0	Seg	332,55		\$ 8.199
							Min	5,54	16,63
							Para	3	Para 9 fichas

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Figura 6 : VSM situación propuesta



Fuente: Elaboración Propia (2019)

CONCLUSIONES

Según la revisión hecha a los diferentes documentos como artículos, revistas, tesis, libros y papers, se identifica en su mayoría una contextualización de Lean Manufacturing basada en la experiencia de la compañía Toyota como una metodología que se aplica para la mejora de la productividad en las compañías a través de la identificación de las 7 mudas o pérdidas que se presentan a lo largo de un proceso productivo y que si se logra analizar las diferentes causas en cada una de ellas para determinar un plan sistemático de mejoramiento continuo con la utilización de las diversas herramientas que el Lean manufacturing nos presenta

como son **TPM, 5'S, SMED, POKA YOKE, JIT, VSM**, podemos garantizar un incremento en la productividad y competitividad de las compañías.

Es importante destacar que las herramientas que nos ofrece el Lean Manufacturing se deben implementar de una manera integral y que dependiendo de un buen diagnóstico de la situación actual es que se define cuál de ellas utilizar sin olvidar que el Lean Manufacturing es un modelo de administración que requiere de la participación activa y permanente de todos los involucrados en el proceso; no es una herramienta más, es un modelo de administración que si se implementa en las organizaciones garantizará la mejora continua

en la compañía aportando directamente en el aumento de su productividad y competitividad.

También, se destaca en este artículo según las revisiones de la encuesta y los contenidos programáticos realizados a las diferentes instituciones de educación superior y el SENA a sus contenidos programáticos, micro currículos y programas de formación que solo el 31% de las analizadas incluyen el tema de Lean Manufacturing dentro de sus materias relacionadas con la producción, es más con la mejora de la productividad, lo que se considera contraproducente ya que se están formando estudiantes que serán los futuros administradores de procesos en las diferentes compañías, MiPymes de la región los cuales llegan a cada una de ellas con el desconocimiento de este modelo que le permitirá disminuir las mudas (perdidas) en los procesos que administran, lo cual genera para ellos frustraciones al momento de plantear soluciones a sus flujos productivos y a la mejora continua de los procesos que administra.

Es por eso que, se recomienda que se haga revisión a estos contenidos programáticos con el objetivo de incluir el modelo de administración de procesos Lean Manufacturing dentro de los temas que se dictan en las diferentes áreas del conocimiento en los programas de Ingeniería industrial, tecnología de producción, gestión de la producción y los programas que estén relacionadas con la producción, la productividad y la competitividad.

Otra aspecto importante que se analiza en este artículo, es la importancia que tiene la utilización de las didácticas activas en el proceso de enseñanza aprendizaje del modelo

de administración Lean Manufacturing, el cual según los docentes encuestados, solo el 4% de ellos utilizan esta metodología en su proceso de transferencia de conocimiento, según el proyecto desarrollado en la tercera fase de este artículo el cual se llamó "desarrollo de un sistema electrónico como herramienta para la validación de proceso industriales apoyados en la metodología Lean Manufacturing utilizando una planta de Fischertechnik" se demostró cómo a través de esta metodología se puede transferir el conocimiento a los estudiantes y por qué no a los empleados de las compañías de una herramienta como el Lean Manufacturing que les aportará a la mejora de la productividad y la competitividad, a lo largo del ejercicio se evidenció como la utilización de las didácticas activas despertó en los estudiantes el compromiso, sentido de pertenencia y facilitó la comprensión de la importancia de la identificación de pérdidas en los procesos para poder determinar causas raíz y la definición de planes de acción a través de la mejora continua implementando sistemáticamente las diferentes herramientas que ofrece El Modelo Lean Manufacturing.

Según los resultados obtenidos en la ejecución del proyecto llamado "desarrollo de un sistema electrónico como herramienta para la validación de proceso industriales apoyados en la metodología Lean Manufacturing utilizando una planta de Fischertechnik" se demostró con la simulación de un proceso productivo en una planta de producción didáctica que a partir de aplicar la metodología de lean manufacturing de una manera integral utilizando las herramientas que se puedan implementar para mejorar los procesos se logran cambios sustanciales en los resultados de la empresa que las lleven a ser

más competitivos en el tiempo.

Según el ejercicio realizado, se logró disminuir las esperas en un 100%. Se pasó de un tiempo de ciclo de 7,55 minutos a 5,54 minutos. El VSM muestra cómo se logra después del análisis disminuir los tiempos en algunos de los procesos como el alistamiento de la materia prima que pasó de 40 segundos a 10 segundos o como el transporte de la materia prima al horno que pasó de 73 segundos a 32 segundos.

Es importante analizar las herramientas como un todo, realizar el análisis de forma integral garantizando la aplicación de la herramienta más apropiada según el problema propuesto. El ejercicio lleva a mantener el interés de los aprendices, a desarrollar en ellos habilidades que van luego a ser aplicadas en la empresa de forma activa logrando un aporte importante a los requerimientos de las organizaciones que más allá de buscar complementar los conocimientos buscan jóvenes proactivos que lleven propuestas claras y que intervengan en el desarrollo de los procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Álvarez, Y. (2015). Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes. Maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Atala Villalvazo, J. (2010). Modelo de Integración de Manufactura Esbelta-Seis Sigma con Principios de Ingeniería Concurrente Adaptable a PyME-Edición Única. Maestría. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Benítez Flores, D. (2019). Optimización de los procesos de manufactura usando prospectiva de Lean Manufacturing. Pregrado. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Davis, J. (2009). Lean Manufacturing: implementation strategies that work: a roadmap to quick and lasting success / John W. Davis. 1st ed. New York Industrial Press: Industrial Press.
- G. Vargas, J., Muratalla Bautista, G. and Jiménez Castillo, M. (2019). Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta Lean Manufacturing. Revista FCE UNLP, [online] 11. Available at: <http://revistas.unlp.edu.ar/CADM> [Accessed 19 Dec. 2019].
- Lago, R. (2016). Desarrollo de un juego didáctico para aprendizaje de herramientas lean. Maestría. Universidad de Valladolid.
- León, g., Marulanda, n. And González, h. (2019). 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. 1), pp. Páginas 85-100.
- Moreno, D.; Grimaldo G.; Salamanca, M. (2018). El Mapa de la Cadena de Valor como herramienta de diagnóstico de sistemas productivos. Caso: línea de producción láctea. Boyacá, Colombia. Revista ESPACIO.

Padilla Fajardo, J. (2019). Factores críticos de éxito y sostenibilidad de la manufactura esbelta: validación y mejora del modelo de Sisson y Elshennawy. Doctorado. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Pérez Rave, J. (2011). El avión de la muda: herramienta de apoyo a la enseñanza-aprendizaje práctico de la manufactura esbelta. Antioquia, Colombia. Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería. ISBN: 01206230.

Rajadell, M. and Sánchez, J. (2010). Lean manufacturing la evidencia de una necesidad. Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos.

Rodríguez Castro, M. (2017). Desarrollo de una línea de producción basado en Metodología Lean Manufacturing. Pregrado. Universidad Carlos III de Madrid.

Sánchez Ugalde, R. (2015). Metodología Integral de Implantación del Sistema de Manufactura Esbelta-Edición Única. Maestría. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

Villaseñor Contreras, A. and Cota, E. (2011). Manual de Lean Manufacturing: guía básica. México D. F Limusa: Grupo Noriega Editores

Wang, J. (2010). Lean Manufacturing Bases de línea de negocio. New York: CRC Press.

Yepes, S. (2017). Guía rápida para la implementar Lean Manufacturing en MiPymes. 1st ed. Cali.