

# Aprendiendo Lean Manufacturing mediante la simulación

**Mónica Gabriela Martínez Huerta**

Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México, moni04\_94@hotmail.com

**Faculty Mentor:**

Dra. María Ileana Ruiz Cantisani

Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México, miruiz@itesm.mx

*Abstract— Lean manufacturing is a methodology that is widely used in any type of industry. Born in the Japanese car company, Toyota, this ideology achieves results that any company desires such as increment in productivity as well as the reduction or elimination of any activity that does not add value to the industry. That is why one of the techniques used to teach Lean Manufacturing is the simulation of assembly lines where participants can detect areas of opportunity and implement lean tools to solve them. The main objective sought with this paper is to see how this technique helps engineering students to detect problems in an assembly line in order to generate proposals to improve the functioning of it where they use lean manufacturing concepts or tools.*

*Keywords- Lean Manufacturing, Assembly line, Manufacture*

*Resumen— Lean Manufacturing es una metodología que es muy utilizada en cualquier tipo de industria. Naciendo en la compañía japonesa de automóviles, Toyota, ésta ideología logra resultados que anhelan cualquier tipo de empresa en la actualidad como aumento de productividad así como la reducción o eliminación de cualquier actividad que no agrega valor a la industria. Es por esto que una de las técnicas que se utilizan para enseñar Lean Manufacturing es mediante la simulación de líneas de ensamble en donde los participantes pueden observar áreas de oportunidad en la misma para así utilizar las herramientas de ésta ideología. El principal objetivo que se busca con este escrito es ver cómo ésta técnica ayuda a estudiantes de ingeniería industrial a detectar problemas en una línea de ensamble para así generar propuestas que mejoren el funcionamiento de la misma en donde se vean reflejado el uso de conceptos o herramientas de manufactura esbelta.*

*Palabras Clave- Lean Manufacturing, línea de ensamble, manufactura*

## I. INTRODUCCIÓN

Lean Manufacturing es una metodología que se ha posicionado en el mundo de la manufactura como la herramienta que garantiza un aumento en la productividad por medio del uso adecuado de recursos así como la eliminación de todo tipo de desperdicios que genere la industria entre otras técnicas (Womack, 1990) . El inicio de esta corriente en la manufactura va de la mano con el nacimiento de la compañía automotriz Toyota, pues fueron sus fundadores quienes al visitar las plantas de Ford encontraron áreas de oportunidad en el sistema de producción que utilizaban así como en las instalaciones con las que contaban. Debido a esto, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno

**13<sup>th</sup> LACCEI Annual International Conference:** “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”

July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic

decidieron realizar un sistema en el que se corrigieran todos los errores vistos en las plantas de Estados Unidos así como mejorar continuamente las actividades que se realizaban en la empresa, otorgándole el nombre de Sistema de Producción Toyota. Con el paso de los años, el TPS (siglas para Toyota Production System) demostró ser uno de los mejores sistemas de producción pues llevaba a la eliminación de una gran cantidad de actividades que no agregan valor a la empresa como transporte innecesario, grandes inventarios, tener producto defectuoso, entre otras actividades (Womack, 1990). Es por eso que no pasó mucho tiempo para que las demás compañías del sector industrial así como de otros, empezaran a adoptar las herramientas de Toyota. Ésta transición de las demás compañías de autos fue realizada mediante la impartición de talleres por parte de personal de Toyota, donde se conocían las distintas herramientas del TPS así como la ejemplificación de éstas en ejercicios de simulación de líneas de ensamble. Partiendo de esta idea, en el presente escrito se pretende analizar cómo la simulación de líneas de ensamble ayudan a que estudiantes de Ingeniería Industrial puedan comprender lo que es el TPS y las herramientas que lo conforman para que así se generen propuestas de mejora y las apliquen a la simulación de la línea de ensamble. Se expone la metodología general que se desarrolla en un curso, y en particular los resultados de uno de ellos.

La estrategia ABP (Aprendizaje Basado en problemas) también conocida como PBL (Problem Based Learning en inglés) es una técnica utilizada en escuelas en donde el profesor y los alumnos se reúnen para realizar el análisis de una problemática y así poder generar soluciones al mismo . La manera en que resuelve el problema es el factor clave de esta técnica pues es aquí donde los estudiantes identifican los temas del curso y hacen uso de los mismos para cumplir con los objetivos de la asignatura. En el Aprendizaje Basado en Problemas se trabaja en grupos de alumnos para así generar una lluvia de ideas de las posibles soluciones a las situaciones presentadas además de generar un ambiente donde se acepte las opiniones de los demás para así mejorar el desempeño del grupo y poder cumplir con los objetivos propuestos.

## II. METODOLOGÍA

El uso de la simulación de una línea de ensamble es una técnica muy usada para explicar y ver reflejados los conceptos relacionados a Manufactura Esbelta. A continuación se expone la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP) enfocado a estudiantes de ingeniería industrial:

#### *Descripción de la metodología*

La línea de ensamble utilizada es una línea de producción de dos tipos de autos: City y Rally. Para la producción del carro tipo City se cuentan con 4 estaciones de trabajo mientras que el trabajo del Rally se divide en 8 estaciones; ambas comparte la estación de pintura. Para la realización de actividades, los puestos de trabajo se sortean entre todo el alumnado del grupo y cada vez que se realiza ésta actividad se procura que un individuo no repita el puesto anterior. Los roles que se tienen en la simulación son los siguientes:

- Operarios: encargados de realizar las actividades correspondientes a cada una de las estaciones.
- Manejo de Materiales: transportar el material necesario a cada una de las estaciones de trabajo.
- Control de Calidad: detecta alguna falla en el ensamble del carro que afecte la calidad del producto.
- Control de Producción: encargado de comunicar las ordenes que genere el cliente además de controlar la producción de la línea de ensamble.

#### *a. Material a utilizar*

El profesor provee de las herramientas necesarias para la construcción del carro, los cuales eran kits con distintas piezas necesarias para el ensamble del producto. Para la realización de actividades, cada una de las estaciones tiene un instructivo de trabajo que indica lo que cada uno de los operarios y los demás roles de trabajo deben de realizar. Estos instructivos también son proporcionados por el profesor.

#### *b. Realización de la metodología*

Las primeras corridas del ejercicio son diseñadas por el profesor con el objetivo de ir adaptando a los alumnos a la técnica de aprendizaje del curso. Los ejercicios restantes son diseñados por equipos de alumnos en donde realizan nuevas propuestas para el funcionamiento de la línea de ensamble. Algunas de las modificaciones que se realizan durante esta etapa fueron:

- Layout de la línea de ensamble.
- Acomodo de las piezas de materia prima.
- Utilización de kanbans: señales que indican cuándo producir así como cuándo entregar material a las estaciones.
- Eliminación de actividades innecesarias en las estaciones de trabajo.
- Realizar subensambles en las estaciones.

Todas las propuestas de la línea de ensamble dadas por los alumnos tienen que tomar en cuenta las siguientes restricciones:

- Llenado de la línea de ensamble con una duración de 10 minutos al inicio de cada corrida del ejercicio.
- Demanda del cliente cada 3 minutos, con una proporción de 66 % City y 33 % Rally.

### III. RESULTADOS

En la realización de la simulación de la línea de ensamble de carros en uno de los cursos académicos, uno de los principales resultados que se obtienen son la detección de actividades que no agregan valor a la producción de carros City y Rally como:

- Sobreproducción de carros tipo City.
- Transportes innecesarios por parte del personal de manejo de materiales.
- Gran cantidad de partes en inventario de cada estación.
- Tiempo de espera por parte de las estaciones al no tener el producto listo la estación anterior.
- Mal ensamble de partes en distintas estaciones lo que genera retrabajo o entrega de producto defectuoso.
- No realizar actividades como subensambles de piezas antes de que llegue el trabajo a la estación.

Al detectar este tipo de actividades se prosigue con el uso y aplicación de las distintas herramientas que provee la manufactura esbelta entre las que destacan las siguientes:

#### *a. Balanceo de Líneas*

Con el balanceo de la línea se pretende equilibrar la carga de trabajo de cada una de las estaciones de la misma. Por tal motivo, se optó por tomar los tiempos de cada una de las actividades para así poder determinar el tiempo que le toma realizar las actividades a cada estación de trabajo. Una vez que se tuvo este tiempo, se agruparon actividades de tal modo que cumplieran con este indicador además de que se optó por un acomodo en donde la estación cuello de botella tuviera un tiempo menor o igual al tiempo determinado para cada estación. Con la aplicación de ésta herramienta se pudo entender cómo el tener una línea equilibrada ayuda a mejorar el flujo de una línea de producción pues se mantiene un tiempo de trabajo para todas las líneas eliminando así los cuellos de botella que traen consigo retrasos en la entrega de producto al cliente o acumulación de trabajo en alguna de las estaciones de la línea.

#### *b. Muda*

Término japonés utilizado para nombrar a los desperdicios que se encuentran en la línea de

**13<sup>th</sup> LACCEI Annual International Conference:** “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”

July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic

producción. Con las propuestas dadas se pretendió eliminar los 7 desperdicios de la manufactura esbelta, los cuales son:

1. Sobreproducción: producir más carros de los que se piden o realizar aquellos que no se necesitan.
2. Transporte: eliminar transportes innecesarios en el área de manejo de materiales al surtir sólo lo que necesita el operario para producir.
3. Inventario: eliminar inventarios grandes en las estaciones de trabajo o de producto terminado.
4. Esperas: evitar que alguna de las estaciones o el cliente tenga que esperar para que le den el producto o material que necesite.
5. Sobreprocesos: procesos adicionales que no agregan valor al producto.
6. Retrabajo: realizar trabajo de más tanto en las estaciones como en el manejo de materiales.
7. Movimiento: hacer movimientos innecesarios en las estaciones y en manejo de materiales.

Al conocer sobre los tipos de mudas, se inspeccionan las actividades de la línea con más detalle para evitar que haya alguna de éstas en la línea. Además la eliminación de estos desperdicios logra un mejoramiento significativo de la línea pues elimina todo tipo de actividad innecesaria de la misma para que sólo se enfoque en aquellas que agregan valor a la misma.

*c. Sistema de producción tipo “Jalar”*

Es una parte esencial de la manufactura esbelta. El sistema de producción de tipo “jalar” se basa en la idea de producir solo lo que el cliente o la demanda piden, por lo que garantiza inventarios pequeños así como minimización de costos de mantenimiento de inventario además de evitar que el producto se vuelva obsoleto (Contreras, 2009) . Los resultados de la aplicación de esta herramienta no siempre se lograron, pues hay veces en que se produce más o menos de lo que el cliente desea o pide. Después de varias corridas, se lograron resolver los problemas de la producción generando sólo lo que el cliente necesitaba, ni más ni menos.

*d. Kanbans*

Es la herramienta necesaria para utilizar el sistema de producción de tipo “jalar” pues emite la señal al operario de producir cuando el operario de la estación siguiente a este tome material del kanban que tiene y así sucesivamente. Con la aplicación de los kanbans, se logró tener una señal que comunicaba al operario cuándo y cuánto producir así como el momento en que este dejara de fabricar. Al implementar estas señales, se elimina la sobreproducción en las estaciones logrando así producir sólo lo que el cliente o la estación necesiten.

*e. Flujo de una sola pieza*

El flujo de una sola pieza como su nombre lo indica, es la herramienta que se encarga de mantener flujo de sólo un producto por toda la línea de ensamble. Con esto se asegura el no tener problemas de calidad pues el operario sólo trabaja con una pieza a la vez logrando que el operario se concentre en el trabajo que está realizando.

*f. Fábrica Visual*

Ésta herramienta se refiere al uso de imágenes que faciliten el entendimiento de las actividades que se realizan en la planta. Dentro de la simulación de la línea de ensamble que se realizó, se hizo uso de los siguientes materiales de apoyo:

- Instructivos de Trabajo: muestran el procedimiento de las actividades de trabajo así como imágenes que indican cómo realizar el ensamble de las piezas.
- Layout de estación de trabajo: dibujo dado a los operarios de cada estación para que la realización de actividades sea de una forma más sencilla por medio de un área de trabajo limpio y organizado.

Con la aplicación del concepto se aprende cómo el uso de herramientas visuales ayuda a que los operarios comprendan de una forma más fácil y rápida lo que realizan logrando así que ellos tengan una idea clara de lo que se les pide evitando dudas que les puedan surgir por un mal entendimiento de las instrucciones dadas.

*g. 5 S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke)*

Las 5 S se vieron aplicadas en la línea de producción de la siguiente manera:

- Seiri (Clasificación): el operario y todo el personal identifica aquellos objetos que no son necesarios en la estación.
- Seiton (Organización): con los apoyos visuales, se pretende ayudar al operario a mantener su mesa de trabajo organizada, especificando cómo debe de acomodar todo el material que esté en la estación.
- Seiso (Limpieza): se pedirá a todo el personal mantener limpia su área de trabajo así como las áreas comunes pues con esto se logra un aumento en la productividad y calidad de la simulación.
- Seiketsu (Estandarización): este paso se alcanza con los instructivos que hay en cada estación, pues así se tienen definidos los procedimientos que cada operario hace.
- Shitsuke (Disciplina): este se logra al practicar de forma continua los pasos anteriores pues asegura que el operario lo haga de forma voluntaria y no obligado por alguien.

La aplicación de las 5 S en la simulación logra que el alumno entienda la importancia que tienen para así mejorar el funcionamiento de la línea de producción. El aprendizaje principal tiene de esta herramienta es que el mantener una estación limpia y ordenada es de gran ayuda para el operario pues así se evita la entrega tarde de productos por no clasificar u ordenar las herramientas que se necesitan o no tener un procedimiento establecido para la realización de una tarea.

h. 5 Why's (Los 5 ¿Por qué?)

Los 5 ¿Por qué? Es una herramienta de gran utilidad en la manufactura esbelta pues cuando surge un error o defecto se realizan ésta serie de preguntas hasta llegar a la causa del mismo y así evitar que se cometan en un futuro. Los 5 ¿Por qué? fueron de gran ayuda para la detección de las actividades que no agregan valor a la producción mencionadas anteriormente. Cada vez que se termina con la corrida, se tiene una retroalimentación del ejercicio y es aquí donde el ¿porqué? es importante pues cuando se identifican los problemas en la simulación, se realiza la pregunta para llegar a la causa raíz del mismo y así generar soluciones que eliminen el problema y mejoren las simulaciones siguientes.

i. Supermercado

Idea adaptada por Toyota de los supermercados estadounidenses, en donde sólo se tiene el inventario necesario y se llena conforme el cliente o estación tome del mismo. Este concepto es aplicado para la materia prima de cada estación, donde se tiene el material necesario para la producción y cada vez que este se utilice; el personal de manejo de materia les abastece a la cantidad puesta por el departamento de producción. El aprendizaje que se obtiene con la implementación de ésta herramienta es que sólo se tiene lo que se necesita para producir evitando así tener un gran inventario de material en las estaciones además de lograr guardar un orden en la estación y evitar que se genere un mal desempeño del operario.

#### IV. CONCLUSIÓN

Con la realización de este trabajo se puede concluir que la simulación de líneas de ensamble es una herramienta de gran utilidad cuando se necesita explicar a la manufactura esbelta y todos los conceptos que la conforman. Es en esta actividad donde el estudiante puede identificar los elementos de una línea de producción y así determinar las actividades que se realizan en la línea que no agregan valor al producto que se ofrece. Teniendo detectadas las áreas de oportunidad, el alumno puede utilizar las herramientas que conforman a la manufactura esbelta, como las dichas en el apartado anterior. Al implementar los conceptos lean sólo es cuestión de tiempo para que los mismos estudiantes vean los beneficios que la manufactura esbelta ofrece, como eliminación de desperdicios, reducción

de inventarios, aumento de productividad, entre otros más. Trasladando ésta idea al sector industrial se podrá observar cómo las industrias aumentarán sus niveles de productividad y de calidad. Es por esto que en la actualidad, existe una gran cantidad de firmas que imparten talleres de manufactura lean en donde se aseguran que las ideas de esta corriente de producción llegue a todo el personal por medio de clases y simulaciones como la propuesta en este trabajo, para que cada uno de los trabajadores implemente las ideas lean a su ambiente y se logre mejorar los datos de la empresa en la que trabajan.

#### REFERENCIAS

- [1]. Badurdeen, F., Marksberry, P., Hall, A., & Gregory, B. (2009). Teaching Lean Manufacturing With Simulations and Games: A Survey and Future Directions. *Simulation & Gaming*, 465-486.
- [2]. Contreras, A., & Cota, E. (2009). *Manual de Lean manufacturing guía básica* (2a ed.). México D.F. (México: Editorial Limusa.)
- [3]. Qué es Aprendizaje Basado en Problemas. (n.d.). Recuperado el 25 de mayo de 2015, de [http://sitios.itesm.mx/va/diie/tecnicasdidacticas/2\\_1.htm](http://sitios.itesm.mx/va/diie/tecnicasdidacticas/2_1.htm)
- [4]. Verma, A., Hirkannawar, H., & Devulapalli, J. (n.d.). Design of Simulation Tools for Training Programs in Lean Manufacturing. *Innovations in Engineering Education: Mechanical Engineering Education, Mechanical Engineering/Mechanical Engineering Technology Department Heads*.
- [5]. Womack, J., & Jones, D. (1990). *The machine that changed the world: Based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million dollar 5-year study on the future of the automobile*. New York: Rawson Associates.

**13<sup>th</sup> LACCEI Annual International Conference:** "Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?"

July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic