

Automatización de procesos manuales de encintado continuo en arneses automotrices

Luis Ángel Muñoz Soto¹, Manuel Iván Rodríguez Borbón¹, Rey David Molina Arredondo¹

¹ Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Email autor principal: al142507@alumnos.uacj.mx

Resumen

La industria arnesera ha evolucionado en forma considerable dentro del sector de manufactura en la zona fronteriza, entre México y Estados Unidos; parte de esta evolución se basa en la aplicación y el desarrollo de nuevas técnicas en la industria, tales como la manufactura esbelta y six sigma, que han marcado la pauta para la mejora de los procesos operacionales.

Actualmente, los problemas de las industrias para entregar un producto o un servicio de excelencia hacia el cliente requieren de innumerables acciones, las cuales necesitan ser direccionadas para mejorar la productividad, optimizar costos y mano de obra (personal operativo), así como la de crear la cultura de la calidad.

Para lograr lo anterior la metodología de Lean Six Sigma es frecuentemente usada en muchas compañías mexicanas que procesan productos que exportan, mayormente, hacia los Estados Unidos. El concepto de *Lean Manufacturing* y *Six Sigma* se define como una mezcla de múltiples técnicas y herramientas para ayudar a eliminar actividades que no agregan valor al producto, servicio o proceso, y que incrementan valor a cada actividad al mismo tiempo que mejoran y optimizan los procesos operativos de las compañías, y es la combinación de dos metodologías que de forma separada buscan la maximización de la productividad.

De igual manera la metodología Six Sigma en la actualidad tiene un impacto importante en la mejora de procesos y de calidad para hacer frente a los problemas que enfrentan las empresas y organizaciones. Por tal motivo, la aplicación de esta metodología ha incluido tanto compañías multinacionales, como pequeñas y medianas empresas, con el objetivo de optimizar sus recursos, agregar valor y reducir los defectos, tiempos y costos de las actividades propias de cada organización y compañía para incrementar la satisfacción del cliente.

La clave para implementar Lean Six Sigma es lograr que quienes administran la producción trabajen de una manera sistémica, organizada e integrada, aplicando técnicas de mejoramiento continuo.

De aquí nace también el pensamiento esbelto, el cual propone hacer más con menos (menos personal, menos equipo, menos tiempo, menos espacio) y brindarle al cliente lo que exactamente desea (Galindo & Villaseñor, 2009).

Palabras clave: Manufactura Esbelta, Six Sigma, Productividad.

Introducción

Actualmente las empresas industriales se enfrentan al reto de buscar e implantar nuevas técnicas organizativas y de producción que les permitan competir en un mercado global.

El modelo de fabricación mejorado, conocido como Lean Six Sigma, constituye una alternativa consolidada y su aplicación y potencial deben ser tomados en consideración por toda empresa que pretenda ser competitiva, ya que en la actualidad no es competitivo quien no cumple con la calidad, producción, bajos costos, tiempos estándares, eficiencia, innovación, tecnología, nuevos métodos de trabajo, y muchos otros conceptos que hacen que cada día la productividad sea un punto de interés en los planes a corto y largo plazo de cualquier compañía para lograr crecer y sobrevivir en el mercado mundial.

La difusión de las técnicas de gestión Lean ha venido acompañada de los conceptos de excelencia en fabricación o empresa de clase mundial. El conocimiento de los objetivos que implican estos conceptos es muy conveniente de cara a iniciarse en las nuevas técnicas, clave para la competitividad de las empresas.

Lean Seis Sigma ha estado alrededor del mundo empresarial a lo largo de dos décadas como programa de calidad y productividad, éstas dos metodologías se complementan, ambas son enfocadas a los requerimientos del cliente, al ahorro en dólares reales, tienen el potencial de hacer mejoras financieras que impactan significativamente a la

organización y pueden ser fácilmente usadas en un ambiente que no sea de manufactura

Actualmente en una empresa industrial se produce un arnés con altas deficiencias en sus procesos operativos. Algunas de las deficiencias son la poca cantidad de salida esto propicia una baja cantidad de piezas por cada turno, este problema es generado a su vez por la rotación de personal, la cual se presenta debido a la presión que les genera el alto volumen y gran demanda del producto, esto implica que se tiene que producir una elevada cantidad de arneses por turno, derivando tensión y estrés en el trabajador trayendo como principal consecuencia que los trabajadores falten, cometan gran cantidad de defectos o en el peor de los casos renuncien en un periodo laboral corto, generando personal y mano de obra nueva y con falta de capacitación para el área de producción.

Además se propicia que la velocidad con la que se trabaja es alta comparada a los estándares promedios de otros modelos y programas, lo que ocasiona numerosos defectos sobre el producto, tales como:

Mal encintado en el arnés (circuitos expuestos)

Terminales desensambladas y/o mal asentadas

Circuitos invertidos

Candados de conectores abiertos

Dimensiones fuera de tolerancia

Los defectos antes mencionados han generado pérdidas a la empresa debido a que se requieren retrabajos a los arneses y sorteos de más de 21,600 piezas que han sido devueltas por el cliente para su previa corrección, generando costos y pérdidas de inversión de la planta de alrededor de \$65,000 dólares en tiempo extra y personal asignado a contenciones y sorteos, ya que en las bitácoras se registran alrededor de 20 defectos diarios entre los 2 turnos operantes. Lo que implica primordialmente a la disminución de la producción y de la eficiencia de la compañía, y conlleva a un alto costo del proceso productivo y por consiguiente una disminución en la ventaja competitiva.

Además de los graves problemas de calidad, se le agregan los problemas de productividad y eficiencia, originadas por la baja cantidad de piezas construidas, sin adecuarse a la capacidad diseñada a la cual se planificó la línea en su arranques y principios de producción, alertando enormemente a la gerencia y altos mandos de la planta por los constantes números rojos que el programa en si refleja diariamente y tomando en cuenta

que este es uno de los productos de mayor impacto fructífero e importante generador de ingresos que vende la planta.

Actualmente el programa es una de las bases más sólidas de negocio para la compañía, ya que cuenta con un alto volumen semanal comparado a las demás familias y modelos que se corren en producción regular, se manufacturan alrededor de 1,500 pzs por turno equivalentes a 3,000 pzs diarias que es la demanda que el cliente requiere en sus órdenes de trabajo por sistema que a su vez se adecuan a sus necesidades de ventas.

A continuación se anexa una gráfica (Figura 1), donde se contabilizan la cantidad de arneses manufacturados diariamente en primer y segundo turno, recolectando datos de la línea de producción por 2 meses continuos, reflejándose primordialmente la poca capacidad del proceso al no cumplir los objetivos planeados, causando principalmente inversión en gastos de expeditación, así como también de tiempo extra para de esta manera alcanzar a cumplir con las piezas necesarias en los requerimientos.

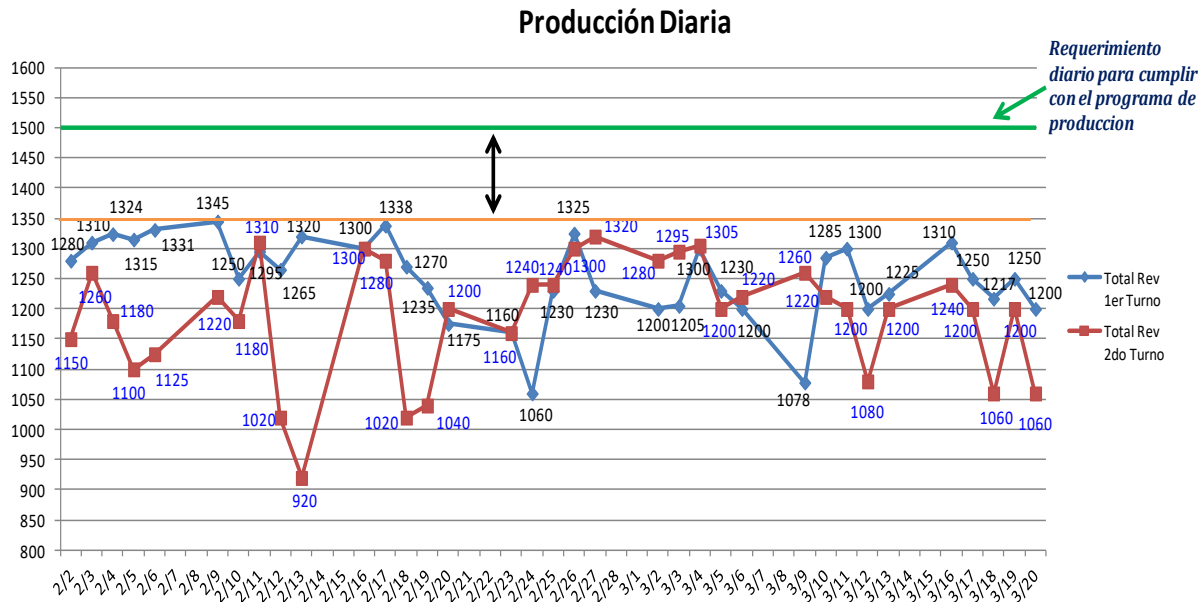


Figura 1 – Gráfica de producción diaria

Una ventaja de la tecnología es que puede incrementar la productividad con un alto grado de calidad. Su desventaja radica en que tiene un alto costo en el caso donde las operaciones son de bajo volumen. Los fabricantes usan dos tipos de automatización: fija o flexible.

La automatización fija: es apropiada para líneas y procesos continuos que producen un tipo de partes o producto en una secuencia fija de operaciones. Este tipo de automatización es útil con grandes volúmenes de demanda, diseños estables y ciclos de vida largos. Permite compensar los gastos iniciales en inversiones y cuentan con cierta rigidez.

Los gastos de operación y el tiempo que se le dedica a este programa son altamente

significativos, se pretende la implementación de un proyecto donde se abre la oportunidad de conseguir una reducción de costos, haciendo un balance entre el costo de inversión que se tiene planeado en contra del tiempo de recuperación del mismo, sumándole así mismo las ganancias planeadas que este proyecto podría generar

Se propone un proyecto para la implementación de 2 máquinas blindadoras semi-automáticas, teniendo como fin principal de cambiar el método de encintado en los arneses de manera manual a una manera automatizada; manejada y controlada por un operador certificado e instruido en este tipo de operación. Ver figura 2.



Figura 2 – Operador con máquina blindadora semi-automática

Método

Se desarrolló un diagrama de Ishikawa o Causa y Efecto (Figura 3) generado a partir de una lluvia de ideas, donde podemos definir algunos factores importantes que son opciones como posibles variables y causas potenciales del problema que impiden que nuestro proceso tenga una mejor calidad en su producto.

El Diagrama Ishikawa o Diagrama Espina de Pescado por su parecido con el esqueleto de un pescado es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos.

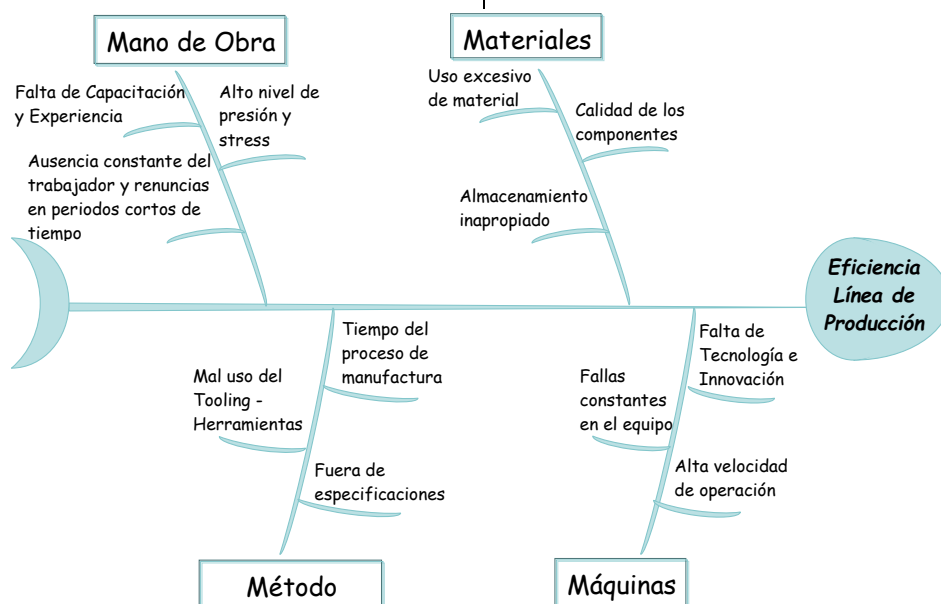


Figura 3 - Diagrama de pescado

El cliente es quien marca el ritmo, decide la manera y forma en la que se le entregarán los productos que desea, además es quien decide que agrega y que no agrega valor dentro de los procesos, que es lo que genera desperdicio y por lo cual no está dispuesto a pagar. Por lo tanto, de la información que se tenga de la demanda del cliente, se debe determinar el takt time o el ritmo de producción que deberemos seguir.

El takt time, se emplea para sincronizar el tiempo de producción con el de ventas, convirtiéndose en un número de referencia que da una sensación del ritmo al que hay que producir. Se calcula dividiendo el tiempo disponible de producción por la demanda del cliente, todo ello en un periodo dado.

Así pues, el takt time se puede describir mediante la siguiente fórmula:

$$1.1.1 \text{ Takt time} = \frac{\text{Horas trabajadas diarias} \times 3600}{\text{Demanda diaria}} \quad (1)$$

$$\frac{\text{Tiempo disponible por turno}}{\text{Cantidad de piezas req por turno}} = \frac{30566 \text{ Seg/Turno}}{1500 \text{ Pzs/ Turno}} = 20 \text{ Seg (Takt Time)} \quad (2)$$

Utilizando la filosofía del Lean Manufacturing es necesario construir una gráfica de tiempos para observar las posibilidades de mejora en el proceso como se muestra en la Figura 4, en donde se denota el takt time calculado, esto da lugar al

realizar un balanceo de cargas, teniendo como base nuestro takt time que fueron 20 seg por estación para de esta manera poder cumplir con la cantidad requerida de piezas por turno como lo demanda las ordenes programas por el cliente.

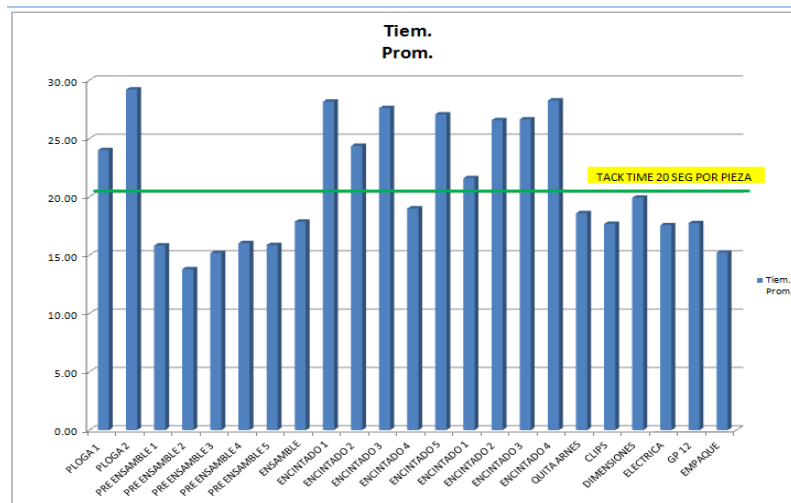


Figura 4 - Gráfica de tiempos de operación por estación (Actuales)

El problema se puede observar principalmente en el área de encintado del arnés, que es donde existe la mayor oportunidad de conseguir un cambio significativo en el proceso. Ya que de 10 personas que se tienen exclusivamente en esas estaciones, el 80% está arriba de nuestro parámetro de tiempo establecido.

Aquí es donde nuestro proyecto cobra fuerza, ya que con base a este análisis podemos determinar el problema principal que son las operaciones de encintado, y este puede ser erradicado automatizando estas operaciones para posteriormente distribuir y rebalancear todas las estaciones equilibradamente, ya que el producto se

presta para realizar estas adecuaciones, ya que no tiene una configuración complicada de manejar, al igual que son pocos los componentes que conforman la construcción del insumo, tales como conectores y clips.

Además, se recolecto información necesaria con respecto a la distribución que se tiene actualmente en el área de producción. Nuestra finalidad fundamental será detectar puntos importantes para oportunidad de mejora y de esta manera organizar todos los elementos involucrados de manera que aseguremos la fluidez del flujo de trabajo, materiales, personal e información a través del sistema productivo y conseguir utilizar nuestro espacio eficientemente (Figura 5).

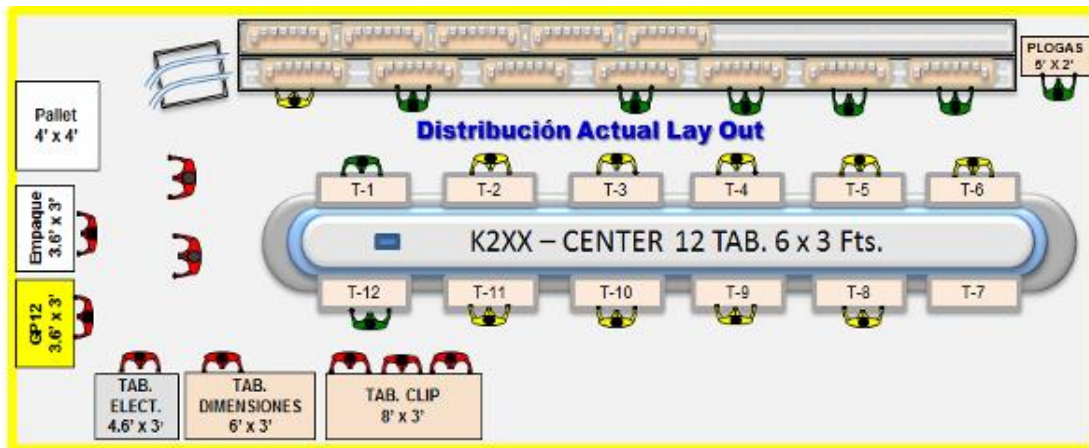


Figura 5 - Layout actual de la Línea de Producción

Los autores Suñé, Arcusa y Gil (2004), señalan que el aspecto más interesante en el diseño de una línea de producción o montaje consiste en repartir las tareas de modo que los recursos productivos estén utilizados de la forma más ajustada posible, a lo largo de todo el proceso.

A continuación se muestra en la figura 6 un rebalanceo y reacomodo de las estaciones de trabajo involucradas en el proceso, tomando en cuenta el nuevo tiempo de operación que toma un operador en realizar su estación con la máquina blindadora semi-automática y los cálculos establecidos conforme a la nueva propuesta de distribución de las demás estaciones, ya que las pruebas realizadas con la máquina nos dan una capacidad de salida

considerable incrementando la cantidad de piezas por turno y un apropiado flujo continuo de piezas, aligerando la carga de trabajo en cada estación.

Estos cálculos están basados a los nuevos tiempos de operación que fueron medidos en base a la re-distribución del personal con la nueva oportunidad que nos brinda la automatización del encintado ya que se abre el espacio para reducir el personal que anteriormente se dedicaban a esta actividad y donde se concentraba la mayoría del tiempo definido como cuello de botella y permite la nueva configuración y designación de actividades para el personal, realizando mayor cantidad de piezas, en menor tiempo y con menos gente.

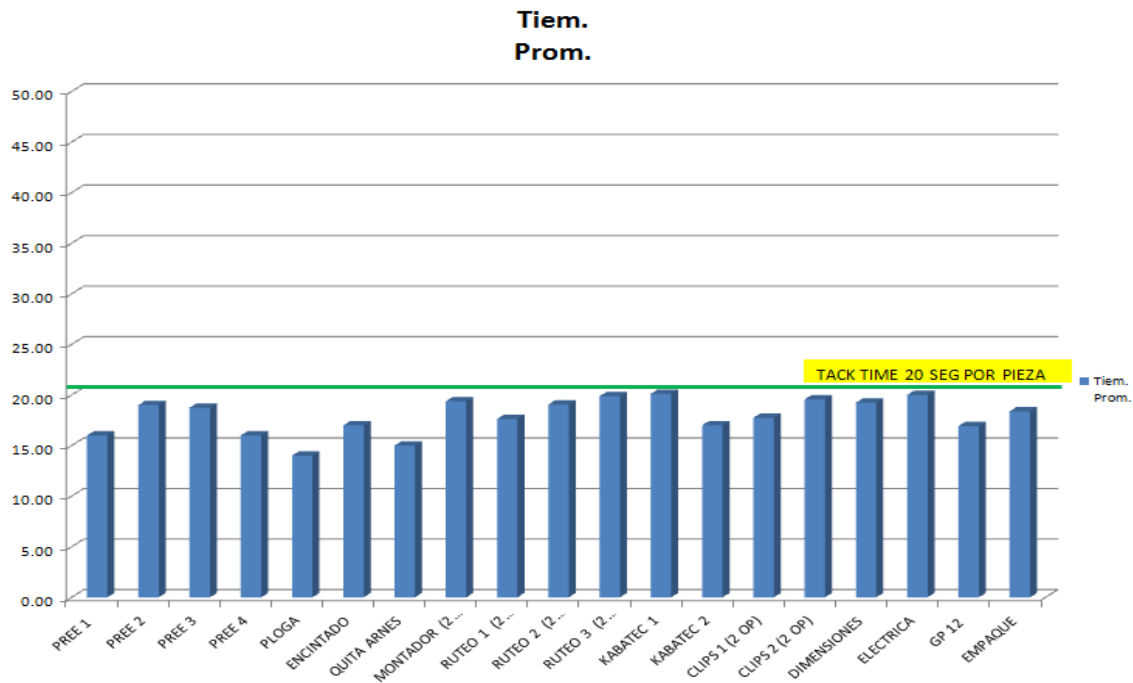


Figura 6 - Gráfica de tiempos de Operación Rebalanceados

Además, se realizó un análisis para conseguir una reducción significativa en la utilización del espacio en la planta. Se propone realizar un reacomodo total en la línea de ensamble, empezando principalmente con la eliminación del rotary y todo el herramental que este conlleva en su montaje.

Actualmente se cuenta con 1,369 Ft² y esta mejora se pretende utilizar solamente un área de 856 Ft², contribuyendo con un ahorro pronosticado de 513 Ft² siendo equivalentes 37.50% del espacio total sintetizado.

En este proyecto estamos buscando redistribuir al personal, así como el equipo que se utiliza para asegurar un flujo continuo de trabajo, eliminando tiempos innecesarios de recorrido, manipulación del producto y comunicación e interacción del propio personal. Se propuso la nueva configuración de línea, quedando de la siguiente manera como se observa a continuación en la figura 7.

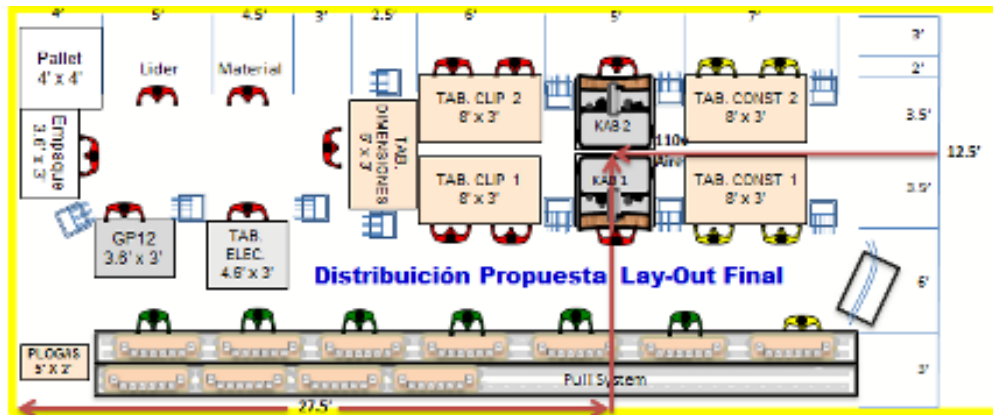


Figura 7 - Layout Propuesto a implementar en la línea de producción

Con esto se podrá tener un impacto en el tooling o herramental que utiliza la planta, ya que se pretende ahorrar: tableros de construcción, fixturas estándar, tapetes anti-fatiga y un rotary de 42 Ft de largo, agregando que se tendrán una ganancia significativa en la reducción del espacio utilizado en un inicio y brindando nuevas áreas de superficie libre que podrá ser empleada para otras actividades o procesos ajenos a la línea.

Además, con esta modificación estamos esperando impactar en algunos aspectos, tales como:

Utilizar el espacio eficientemente.

Eliminar cuellos de botella

Reducir la duración del ciclo de fabricación o del tiempo de servicio al cliente.

Eliminar los movimientos inútiles o redundantes.

Facilitar la entrada y salida de los materiales, productos o personas.

Este movimiento de layout a su vez nos ofrece una reducción de personal considerable en el diagrama de posiciones (Tabla 1), ya que el reacomodo adecuado y la correcta distribución del personal se puede reducir de 27 personas con las que tiene la línea actualmente a solamente utilizar 23 personas directas.

Diagrama Posiciones Actual	
Pre ensamble	7
Ensamble	1
Encintado	10

Diagrama Posiciones Con Proyecto	
Pre-Ensamble	7
Tab.Encintado	4
Maquina Kabatec	2

Tab de clips	3	Tablero de Clips	4
Dimensiones	1	Dimensiones	1
Eléctrica	1	Eléctrica	1
GP12	1	GP12	1
Empaque	1	Empaque	1
Materialista	1	Materialista	1
Jefe De Grupo	1	Jefe De Grupo	1
Total Operadores	27	Total Operadores	23

Tabla 1. Comparación de Diagramas de Posición Antes vs Después

Evaluación de Resultados

Con esta implementación de mejora semi-automatizada, nos brinda una oportunidad de desarrollo con la filosofía de producir más con menos, que es uno de los principios básicos de Lean Six Sigma cuando se busca impactar en la productividad.

A continuación se analizarán los histogramas con las frecuencias y la distribución de resultados en los estudios realizados con los nuevos datos recabados después de la implementación del proyecto.

Esta herramienta nos permitirá:

Comprobar el grado de cumplimiento de las especificaciones

Evaluar la eficacia de las soluciones

La demanda del cliente requiere 1,500 pzs diarias por turno, conforme a la información resumida en la Figura 8, la línea de producción en el primer turno demostró un incremento de salida en su proceso impactando la mayor parte de los datos en cantidades por encima de los 1,500 arneses requeridos en las ordenes de trabajo, logrando impactar la oferta contra la demanda semanal.

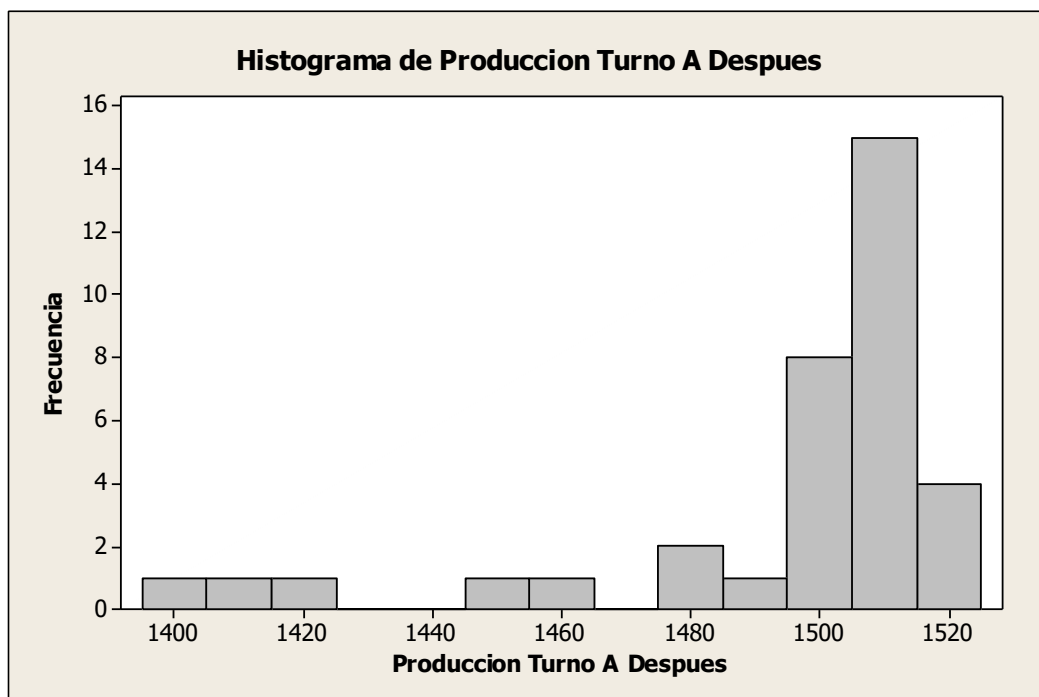


Figura 8 – Histograma de Piezas Embarcadas al cliente Turno A (Después)

En segundo turno, el desempeño en general es mucho menor que en primer turno, pero de cualquier manera la línea ha logrado impactar la meta de los 1,500 en la mayoría

de sus frecuencias (ver figura 9), haciendo ver la importancia del cambio en capacidad de salida que presento el flujo continuo que se implementó con las máquinas.

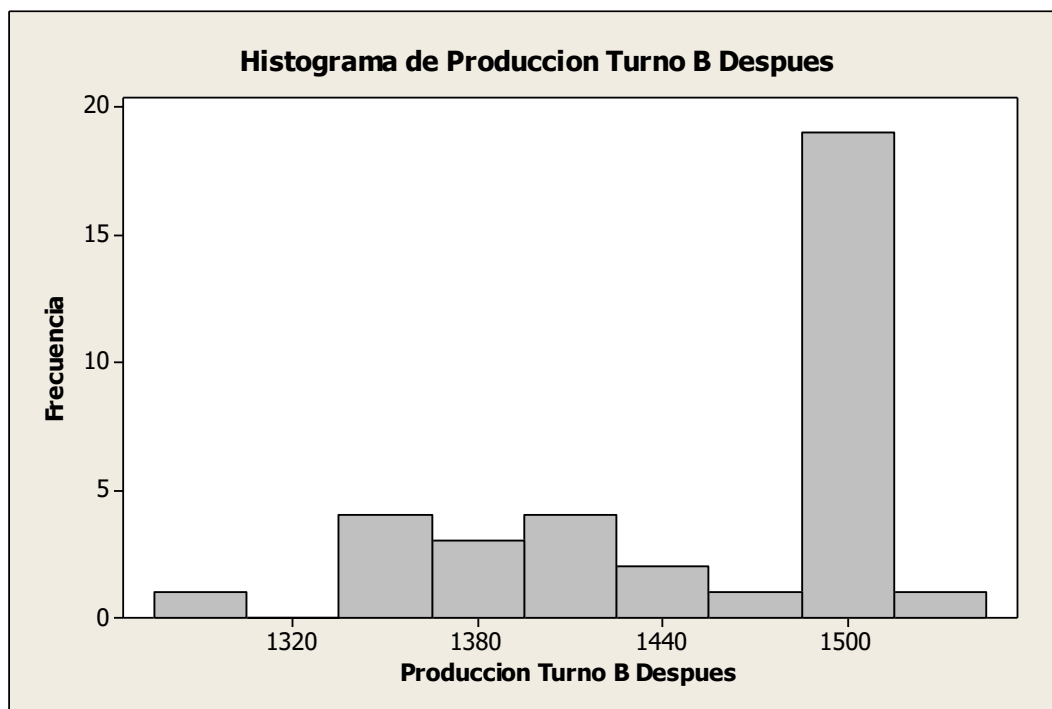


Figura 9 – Histograma de Piezas Embarcadas al cliente Turno B (Después)

El correcto balanceo de todas las estaciones involucradas en la línea de producción, nos ha ayudado primordialmente a que se trabaje a un ritmo más adecuado y lineal en todo el flujo del proceso y sobre todo con mayor grado de calidad en el producto

El proceso de encintado es de vital importancia en la manufacturación de arneses eléctricos, por este motivo este proyecto nos ayuda a tener una mayor capacidad de salida (Throughput) de producto terminado, liberando la presión que siente el operador por lograr obtener buenos resultados.

Las deficiencias que presentaba la compañía, combinadas con las condiciones actuales del mercado, colocaba a la empresa en una situación donde se encontraba obligada a emprender un proceso encaminado hacia desarrollar aquellas habilidades que le exige

la competencia, dentro de las cuales se encontraba desarrollar una adecuada estrategia tecnológica y de manufactura para impactar en varios de los métricos más importantes considerados por cualquier organización.

Los resultados del presente proyecto concluyen una diferencia notable en la eficiencia diaria de la línea de producción logrando aumentarla en un 37%, también se logró reducir el personal operativo en un 15%, así como los beneficios que se lograron en la utilización del espacio, la reducción de defectos alrededor del 50% y el ahorro de uno de los principales componentes en la fabricación de un arnés eléctrico automotriz como lo es el tape de encintado. A continuación se muestra en la Tabla 1 el resumen de los métricos previamente descritos:

Métrico	Actualmente	Proyecto	Beneficios	Ahorros	Evento
Personal Directo	27 x Turno 54 total	23 x Turno 46 Total	8 15%	\$56,000	Anual
Eficiencia %	104	141	+ 37 %	-	Turno
Espacio Utilizado (Ft ²)	1369 Ft ²	856Ft ²	513 Ft ² 37.50%	\$2,568	Anual
Material	7.99 Mts	7.08 Mts	0.91 Mts 11%	655,200 Mts \$38,637	Anual
Defectos	3,378 PPM's	1,549 PPM's	Reducción 46%	-	Turno
Equipo / Maquinaria	0	2	2	(\$46,614)	1 solo evento

Tabla 2 - Evaluación de Resultados

Conclusiones

Como se ha estado analizado Lean Six Sigma nos brinda diferentes tipos de estas herramientas para mejorar un proceso que, cuando son implementadas correctamente siguiendo las bases y los principios en las que fueron fundamentadas las técnicas, éstas ayudarán a eliminar todas las operaciones que no le agreguen valor al producto, reduciendo variabilidad, aumentando el valor de cada actividad realizada y

eliminando lo que no se requiere del proceso.

La metodología propuesta facilitó en gran manera el despliegue de LSS en la empresa seleccionada, ya que brindó los elementos necesarios para diseñar e implementar cambios en la organización que le permitieron desarrollar de forma efectiva el proyecto propuesto; identificando las áreas y procesos en donde debían ser enfocadas las

mejoras y realizando una correcta implementación de la misma.

Partimos básicamente de la metodología DMAIC donde ya se encuentra estructurada una secuencia de las herramientas más efectivas y sencillas que son usadas para desarrollar Lean y Seis Sigma, teniendo de

esta forma una propuesta definida y solamente fue adaptarla al propósito que buscaba la compañía. Además, el personal de la planta que se involucró en proyecto aprendió más de acerca de la metodología usada y logró utilizar una nueva forma de resolver problemas.

Recomendaciones

Si bien la implementación generó un impacto positivo en lo financiero y operacional, la evaluación de los resultados muestra que aún se deben generar cambios fundamentales para lograr mejores resultados, estos cambios son: generar mayor compromiso de la dirección y el personal con la implementación de las acciones propuestas; implementar procesos

de capacitación y entrenamiento de los operarios del área de producción; crear políticas y sistemas de incentivos; implementar sistemas de medición de variables claves, lo que elimine la subjetividad en la inspección de los productos; y profundizar sobre el cambio cultural orientado hacia la mejora continua y la excelencia.

Referencias Bibliográficas

Ahlstrom, P., & Karlsson, C. (1996). Change Processes towards Lean Production the role of the management accounting systems. *International Journal of Operations and Production Management*

Aguilar, R. (2002). *Manufactura Delgada "Lean" y Seis Sigma en empresas mexicanas; experiencia y reflexiones*. Redalyc,

Delgado, J., & Marin, F. (2000). *Las técnicas justo a tiempo y su repercusión en los sistemas de producción*. Universidad Politécnica de Madrid.

Elizondo, A., (2007). *Reducción de defectos en lotes de producto terminado mediante la aplicación de la metodología Seis Sigma*.

Escalante, E., (2003). *Seis Sigma Metodología y Técnicas*. Limusa Noriega Editores, México, D.F.

Escribano, J.F., & Robles, R. M. (2009). *Tesis: Desarrollo del TPM y Lean Management en el entorno de crisis actual*. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.

Galindo, E., & Villaseñor, C. (2009). *Manual de Lean Manufacturing*. México D.F: Editorial Limusa.

Gutierrez Garza, G., (2000). Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones. Quinta edicion. Ediciones Castillo S.A. de C.V., Mexico.

Hernandez, J.C., & Vizán, A., (2013). Lean Manufacturing. Conceptos, Técnicas e Implantación. Madrid, España.

Hoon, Y. & Anabari, F., (2006). Benefits obstacles and future of six sigma approach. Estados Unidos.

Jones, D.T. & Womack, J.P., (2012). "Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa". Grupo Planeta.

Manotas, D., & Rivera, L., (2007). Lean manufacturing measurement: the relationship between lean activities and lean metrics. Estudios gerenciales 69-83.

Pascal, D. (2007). Lean Production Simplified. A plain language guide to the world's most powerful production system. Productivity Press.

Sacristán, F.R. (2001). Mantenimiento Total de la Producción: Proceso de

Implementación y Desarrollo. Editorial FC Fundación Confemetal. España.

Soconni, L. (2010). Lean Manufacturing Paso a Paso: El sistema de gestión empresarial japonés revolucionó la manufactura y los servicios. Carbajal.

Spector, R., (2006). How constraints management enhances lean and six sigma. Supply Chain Management Review, 42-47.

Suñe Torrents, A., Arcusa Postils, I., & Gil Vilda, F., (2004). Manual práctico de diseño de sistemas productivos. Editorial Díaz de Santos.

Villaseñor Contreras, A., (2007). Manual de Lean Manufacturing. Limusa, México.

Volpentesta, J.R. (2002). Análisis y Gestión de la Productividad, 1ª Edición, Editorial Osmar D. Buyatti.

Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (2007). The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production.