

Impacto de la implementación del enfoque Lean Seis Sigma en una empresa manufacturera para lograr su permanencia en el mercado

Impact of Implementing Lean Six Sigma approach in a Manufacturing Company to Achieve Market Survival

José Otero Bracamonte, Andrea Castañeda Sanabria

Palabras clave: Cuello de botella, Lean Seis Sigma, Manufactura, Mejora Continua, Productividad

Key words: Bottleneck, Lean Six Sigma, Manufacturing, Continuous Improvement, Productivity

RESUMEN

En este caso de estudio, se evalúa la implementación del enfoque Lean Seis Sigma en una empresa manufacturera de acero galvanizado cuando se enfrenta a problemas de productividad. La metodología empleada se basa en un estudio con enfoque cuantitativo-cualitativo de los datos recopilados de un proyecto de incremento de productividad con dirección en la mejora continua en una empresa manufacturera de acero galvanizado, que contempla un rango de tiempo de 16 meses desde su inicio. El caso de estudio incluyó la realización de un Mapa del Flujo de Valor, ayudando a identificar el flujo de valor y todos los puntos críticos del proceso. Se utilizaron herramientas como el diagrama de Pareto y el análisis de causa raíz para entender y definir la prioridad de los problemas. Además, se diseñó un tablero de indicadores para monitorear el desempeño y realizar seguimiento. Los hallazgos permiten señalar que el método Lean Seis Sigma genera un impacto positivo en cuanto a la productividad de la empresa, disminuyendo los desperdicios en distintas áreas y tiempos improductivos, enfocándose en el área de cuello de botella, que en este caso fue la línea de galvanizado.

ABSTRACT

This case study evaluates the implementation of the Lean Six Sigma approach in a galvanized steel manufacturing company facing productivity challenges. The methodology employed is based on a study with a quantitative-qualitative approach to data collected from a productivity increase project with a focus on continuous improvement in a galvanized steel manufacturing company, which covers a time range of 16 months from its inception. The case study included conducting a Value Stream Mapping, which helped identify the value stream and all critical points of the process. Tools such as the Pareto diagram and root cause analysis were used to understand and prioritize problems. Additionally, an indicator dashboard was designed to monitor performance and track progress. The findings indicate that the Lean Six Sigma method generates a positive impact on the company's productivity, reducing waste in different areas and unproductive times, focusing on the bottleneck area, which in this case was the galvanizing line.

INTRODUCCIÓN

En la era de la globalización y la creciente competencia en el mercado, la mejora del desempeño de los procesos y la calidad de los productos se prioriza constantemente para alcanzar los objetivos finales de la organización en términos de rentabilidad, sostenibilidad, participación de mercado y competitividad (Karwande et al., 2023). La competitividad es la principal preocupación de las organizaciones, que buscan continuamente formas de reducir la complejidad y el desperdicio; además de, aumentar el valor y los ingresos (Skalli et al., 2023). En el mundo actual, llegar a ser competitivo cada día es más complicado y requiere un mayor esfuerzo porque los clientes o consumidores demandan un menor precio y tiempo de respuesta, pero manteniendo un alto nivel de calidad (Cantú, 2018), debido a esto, la gerencia de las organizaciones siempre está en búsqueda de la implementación de diferentes herramientas o técnicas, para así lograr un incremento de la productividad, los principales tópicos que se habla en la administración de operaciones y cadena de suministros son la sustentabilidad, manufacturas esbeltas y el mejoramiento de la eficiencia y eficacia de los procesos de la cadena de suministro.

Las empresas requieren hoy administrar con éxito todo el flujo de suministros, desde las fuentes de materia prima hasta la venta, a través de un proceso donde se disminuya la mayor cantidad de actividades y procesos que no agregan valor tanto a la compañía como a los clientes, por ello este

tópico es de gran interés para aquellos que están directamente relacionados con la fabricación de productos o prestación de servicios.

Lean Seis Sigma es un enfoque sistemático para reducir o eliminar actividades que no agregan valor al proceso (Bhaskar, 2020). Es una metodología robusta que combina los principios de Lean Manufacturing (manufactura esbelta) y las técnicas de Seis Sigma para mejorar la eficacia y reducir el desperdicio en los procesos (Vanzant, 2024), mejorando significativamente la calidad de los productos y servicios, reduciendo los costos y aumentando la satisfacción del cliente al tiempo que ofrece un enfoque sistemático basado en datos.

Lean Seis Sigma combina los principios de fabricación Lean y la gestión de calidad Six Sigma para reducir el desperdicio y los defectos en los procesos de negocio (Huang et al., 2023). La combinación de Lean Manufacturing y Six Sigma, produce las mejores y más efectivas herramientas que una empresa puede poseer para aumentar su productividad general (Ikumapayi et al., 2020).

Para Skalli et al. (2023), Lean, es una filosofía organizacional y un enfoque hacia la eficiencia empresarial desarrollado por la empresa japonesa Toyota, diseñado para reducir el desperdicio y las actividades sin valor añadido en la fabricación; mientras que, Seis Sigma es un concepto eficaz que se utiliza para lograr la mejora continua e identificar y eliminar las causas de error en los procesos, abordando la variabilidad y

las desviaciones del proceso, se pueden lograr una mayor satisfacción del cliente y, al mismo tiempo, maximizar las ganancias económicas.

La técnica del Lean Manufacturing es un concepto adoptado para eliminar desperdicios y procesos que no agregan ningún valor a la satisfacción del cliente (Tampubolon et al., 2021); mientras que por medio del pensamiento de Six Sigma los gerentes describen con facilidad el desempeño de un proceso en términos de variabilidad y comparan varios procesos usando una medida común (Chase et al., 2022) de esta forma mejoran los procesos con base en las estadísticas, disminuyendo los reprocesos y aumentando la productividad, al mejorar la calidad aumenta la productividad (Deming, 1989). Six Sigma se ha utilizado ampliamente como técnica de gestión para mejorar la calidad en los sistemas de fabricación y servicios (Okwu, 2021). Desde las últimas décadas, Six Sigma ha jugado un papel vital en las empresas globales como una agenda prioritaria para optimizar costos y mejorar la productividad, para generar el máximo beneficio comercial y ventaja competitiva al reducir continuamente los defectos en la organización (Karwande et al., 2023). El enfoque Seis Sigma ha sido adoptado por la industria como una herramienta de gestión empresarial para mejorar las capacidades operativas y reducir los defectos en cualquier proceso (Mittal et al., 2023).

El primer paso para que la empresa se encamine hacia la manufactura esbelta, es conocer cuál es la situación inicial del proceso. La manera de autoevaluarse

consiste en realizar un value stream mapping (VSM) o "mapa de la cadena de valor" de un producto o familia de productos que permite llegar a conclusiones que constituirán la base para la futura mejora organizativa (Lopez, 2020). Luego, al integrar varias herramientas de calidad en cada etapa del proceso DMAIC, las organizaciones pueden establecer un método sistemático enfocado en mejorar continuamente la calidad del producto y servicio mientras se minimizan los defectos (Moreira et al., 2024).

Es importante recordar que Lean es una forma de ver las cosas. Por ende, si se quiere cambiar la manera de hacer las cosas se debe cambiar la forma de pensar. Lean tiene mucho que ver con incorporar una nueva forma de pensar, es una nueva forma de ver el mundo (Rebozov, 2022), por ende la implementación del método Lean conlleva un cambio de pensamiento, donde todas las personas de la organización deben estar involucrados en el proceso, así, el reto más importante que tiene un gerente o líder de la organización no es la implementación de una serie de herramientas Lean, el mayor desafío es lograr la integración total del equipo, romper esa resistencia al cambio que se puede presentar durante la ejecución de los métodos Lean, ya sea por diversas causas como la costumbre de una gestión antigua, que no haya necesidad, entre otras excusas que puedan existir para no formar parte del proceso. Para lograr la supervivencia en el mercado se necesita ser una empresa flexible.

Cabe resaltar que la implementación de la manufactura esbelta en una empresa es lenta, no todas las empresas presentan resultados exitosos mediante la aplicación de este enfoque, pero en el caso de una empresa manufacturera que se encuentra en un estado crítico donde la permanencia de la misma en el mercado esté en juego, donde no se tiene el capital para invertir, no se tiene la disposición de recursos o ánimo por parte de los inversores de inyectar más dinero, ya que ésta solo proyecta números rojos para la cartera, ahí es cuando el enfoque Lean cobra una mayor necesidad de ser implementada en la organización, ésta no busca esa inversión extra, esa nueva maquinaria; Lean se enfoca en la eliminación continua de desperdicios de los procesos para así entregar mayor valor al cliente.

En la investigación se consideró iniciar con un VSM que dará la base para poder

indagar cual es el área de mayor relevancia, o área cuello de botella, para posteriormente comenzar con la herramienta DMAIC, la cual ayudará a explorar cuales pueden ser los mejores métodos para eliminar los tiempos improductivos y los desperdicios. La metodología a emplear se destaca en utilizar la información obtenida de los indicadores de la planta, base de datos anteriores al período de estudio de 16 meses y recolección de todos los métodos y herramientas que se emplearon dentro de este proceso. Al finalizar, este artículo es importante responder ¿Los métodos Lean Seis Sigma generan un impacto positivo en la productividad de una empresa manufactura de acero que lucha por sobrevivir dentro del mercado venezolano?.

METODOLOGÍA

Se inicio con un plan de trabajo para ejecutar la implementación de la metodología Lean Seis Sigma para aumentar la productividad de la planta, el cuál fue:

1. *Asignación de equipo de ingenieros de mejora continua en la planta.*
2. *Identificar el producto crítico, el cual es el que represente el mayor porcentaje de la producción.*
3. *Realizar levantamiento de mapeo de cadena de valor (VSM) del proceso.*

4. *Levantamiento de información del estado actual de la línea productiva y todos los tiempos improductivos que ocurren en ella.*
5. *Toma de tiempo de todas actividades críticas en el proceso cuello de botella.*
6. *Medir el impacto de los tiempos improductivos en la producción de la línea de acero galvanizado.*
7. *Análisis profundo de los problemas encontrados para así identificar la causa raíz.*
8. *Identificación de posibles mejoras enfocadas al incremento de productividad de la línea.*
9. *Aplicación de métodos de la manufactura esbelta (Lean manufacturing)*

para reducir los desperdicios existentes en el proceso.

10. Estandarización de todas las actividades críticas y parámetros inherentes del proceso.

11. Seguimiento y control para poder mantener las mejoras a largo plazo.

La metodología Lean está comprendida por una serie de muchas herramientas que han dado resultados en diversas plantas de manufactura, donde siempre su enfoque es reducir todo desperdicio que pueda existir en los procesos, pero en sí, carece de una secuencia, de un paso a paso que nos permita saber dónde iniciar el proceso de implementación.

Por otra parte, se tiene que Seis Sigma, si tiene un paso a paso, se sabe que se debe iniciar en definir el caso de estudio y cuál es el problema que se busca mejorar, pero luego cuando se va al paso número 4,

puede carecer de ideas de cuales mejoras se deben hacer o que metodología seguir, por ello, en las últimas décadas se juntaron ambas herramientas creando el Lean Seis Sigma y por ello fue el elegido para el proyecto de incremento de productividad en la empresa manufacturera de acero.

Un proyecto es como tomar un viaje, se conoce el destino al que se dirige, pero no como llegar hasta él, y por ello la implementación se inicia con el mapa de flujo de valor, el cuál es una herramienta Lean que permite saber dónde se encuentra la empresa y abre el campo de visión de todo el proceso para así definir el futuro del mismo cumpliendo la meta de mejora continua de los procesos, buscando la estandarización para que perdure a largo plazo.

RESULTADOS

Como se indica en la figura 1, en la empresa de manufactura de acero se inició con el levantamiento de tiempos e información del proceso productivo de la planta, en este caso, de tratarse de una empresa con una gran cartera de productos, se eligió el que representa el mayor porcentaje del volumen mensual que se despacha a los clientes, que resultó ser el alambre galvanizado de calibre 17 para amarre que representa un 70% de la demanda del mercado.

Se toman tiempos de todas las actividades críticas que forman parte del proceso desde la necesidad del cliente hasta el despacho

del producto, presentando todas las actividades que agregan valor y todos los tiempos improductivos que ocurren durante el mismo que ciertamente, como lo dice la cultura Lean, el cliente no paga por ello.

El Mapeo de Flujo de Valor es una herramienta que sirve para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios, permitiendo detectar fuentes de ventaja competitiva, ayuda a establecer un lenguaje común entre todos los usuarios del mismo y comunica ideas de mejora enfocando al uso de un plan priorizando los esfuerzos de mejoramiento.

Figura 1. Inicio y proceso de la implementación del Lean Seis Sigma



Un flujo de valor muestra la secuencia y el movimiento de lo que el cliente valora. Incluye los materiales, información y procesos que contribuyen a obtener lo que al cliente le interesa y compra; es la técnica de dibujar un “mapa” o diagrama de flujo mostrando como los materiales e información fluyen “puerta a puerta” desde el proveedor hasta el cliente y busca reducir y eliminar desperdicios, pudiendo ser útil para la planeación estratégica y la gestión del cambio. (Cabrera, 2021).

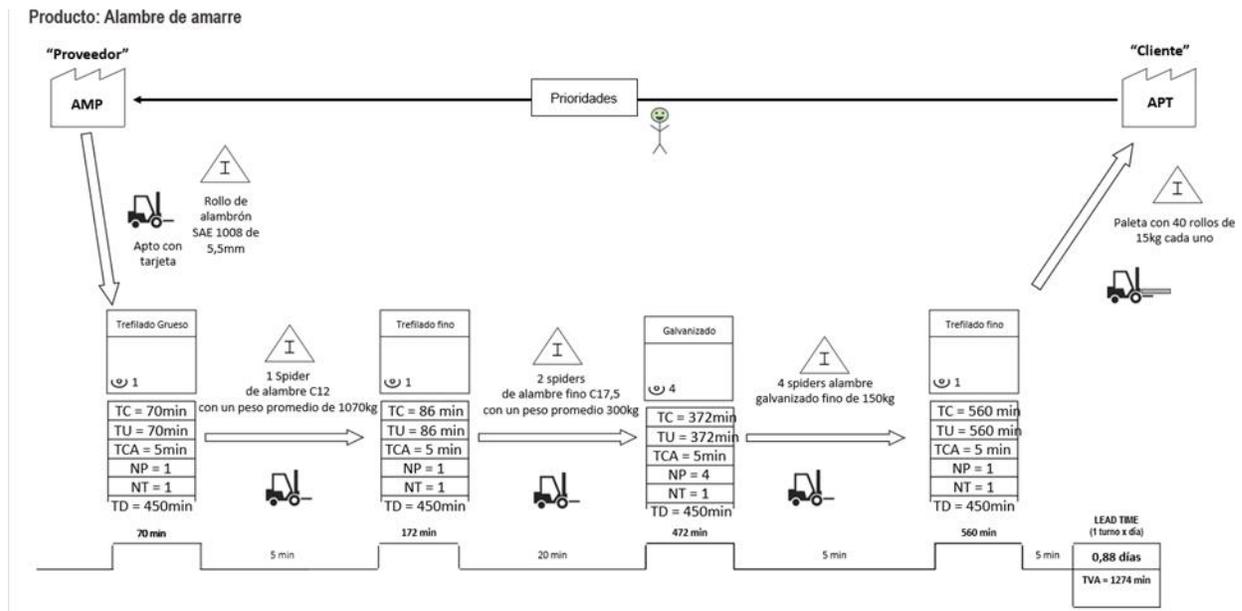
Con el enfoque de visualizar el proceso desde el inicio hasta el final, se puede lograr evidenciar todas aquellas actividades que no agregan valor en la cadena de operaciones, por lo cual es una buena manera de iniciar la implementación del Lean Seis Sigma, ya que esta herramienta permite establecer un mapa de la situación actual donde se detallaría todos esos desperdicios en la cadena de operaciones dando así un buen punto de partida como a su vez una meta ya que en conjunto del mapeo de flujo de valor actual, se realiza un VSM futuro donde se puede

estimar los tiempos de cada actividad crítica una vez ejecutada las mejoras de nuestra implementación de herramientas Lean. Mediante la toma de tiempo se realiza VSM actual de la empresa manufacturera que se puede observar en la figura 2.

Analizando el mapa de flujo de valor, se observa que la actividad o proceso crítico es la de Galvanizado, el cuál está compuesta por una línea de 80 metros de longitud donde pasan 18 alambres por diversas etapas las cuáles son: enhebrado en el bosque, recocado con HCl, lavado, secado, inmersión en tina de Zinc con su respectivo brushing para moldear las capas de zinc en el alambre de acero.

Al definir la actividad crítica o cuello botella, ya entramos en el primer paso del Six Sigma, el cual es definir, aquí se estableció cual es la necesidad del cliente la cual es aumentar la producción de alambre galvanizado fino de 70 Ton a 140 Ton y se define el área crítica que nos representa el mayor obstáculo para lograr esta meta.

Figura 2. VSM del producto más vendido



Seguidamente se procede a medir (DMAIC), donde se toman los tiempos de los distintos turnos que trabajan en la línea, se realizan grabaciones y una toma de data de todo tiempo improductivo que ocurre a lo largo del turno para así establecer una frecuencia y la causa para cada vez que se detiene una línea de alambre galvanizado. Para medir en casos donde no se tiene data de meses anteriores y tampoco un registro actual del día a día, se requiere iniciar el levantamiento de dicha data, el cuál en el caso de esta planta, se inició con grabaciones, entrevistas a los operarios y la implementación de diversas carteleras a lo largo de la línea para que dichos operarios comenzaran a registrar cada vez que ocurriera una falla que interrumpiera el proceso. En la figura 3, se puede observar el formato para registro de tiempos improductivos.

Figura 3. Formato para recolección de tiempos improductivos en línea de galvanizado

Falla	#	#	#	#	#	Turno
Rotura por enredos						1
						2
						3
Rotura por empates ocultos						1
						2
						3
Rotura por soldadura						1
						2
						3
Falta de alimentación						1
						2
						3
Falla de máquina						1
						2
						3
Falta de montacargas						1
						2
						3
Falla eléctrica						1
						2
						3

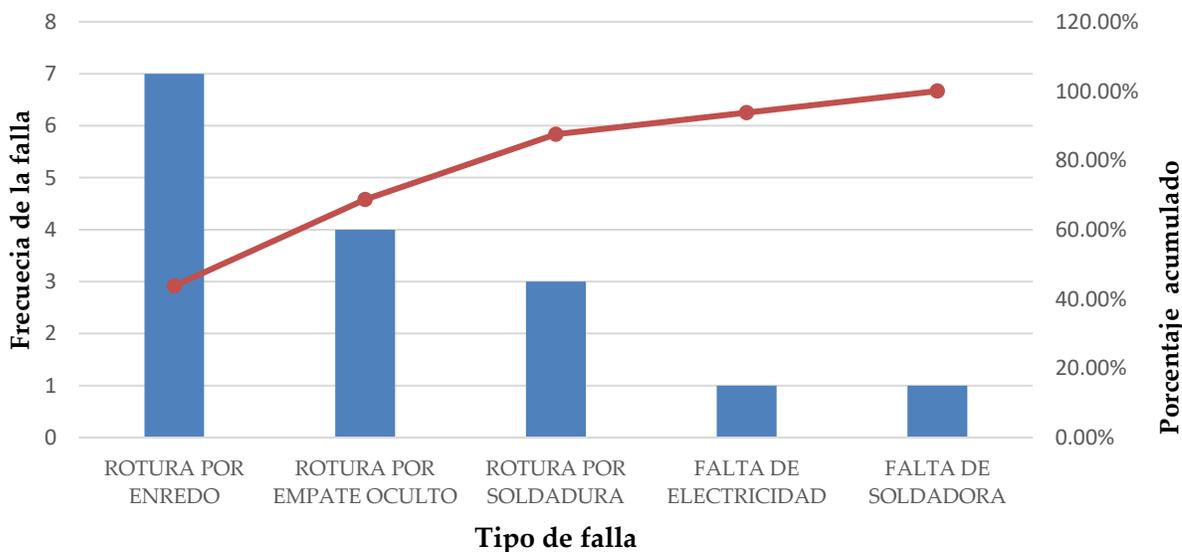
Con la información recopilada mediante el registro de las frecuencias de las fallas o tiempos improductivos, la observación por parte del equipo de ingenieros de mejora continua, se puede proceder a la siguiente etapa del DMAIC que es analizar. Una herramienta muy útil al momento de evaluar el impacto de las fallas en el proceso, es el diagrama de Pareto.

Un diagrama de Pareto es un gráfico de barras que enumera las categorías en orden descendente de izquierda a derecha, el cual puede ser utilizado por un equipo para analizar causas, estudiar resultados y planear una mejora continua. Dentro de las dificultades que se pueden presentar al tratar de interpretar el diagrama de Pareto es que algunas veces los datos no indican una clara distinción entre las categorías. Esto puede verse en el gráfico cuando todas

las barras son más o menos de la misma altura. Otra dificultad es que se necesita más de la mitad de las categorías para sumar más del 60% del efecto de calidad, por lo que un buen análisis e interpretación depende en su gran mayoría de un buen análisis previo de las causas y posterior recogida de datos. (Prades et al., 2006).

Como lo indica el autor en su definición, previamente de realizar el diagrama se evaluó y estudió las causas que salen reflejadas en el diagrama, por ello se requiere primeramente antes de analizar, entender todo el proceso del caso de estudio. El diagrama de Pareto de la línea de Galvanizado de la empresa manufacturera de acero se puede observar en la figura No.4.

Figura 4. Diagrama Pareto Inicial de las fallas de la línea de Galvanizado



También se levantó información para llevar el seguimiento del proceso productivo de la línea galvanizado donde se debe establecer indicadores que si agreguen valor, como lo es la producción diaria, merma generada, las fallas anteriormente mencionadas, entre otras. Una herramienta útil para llevar todo mapeado de manera visual es un dashboard o cuadro de mando la cual es muy útil a la hora de visualizar los KPIs o métricas importantes para la consecución de objetivos de cualquier empresa. Es un sistema de visualización que muestra los

datos más relevantes de una manera visual e intuitiva.

El tablero de indicadores de la figura 5, realizado para la línea de galvanizado contempla el Pareto de fallas, la producción diaria en toneladas y en meses, el porcentaje de merma o chatarra generada por cada línea o máquina presente como también el porcentaje de cumplimiento de producción y los calibres dominantes, y por último una bitácora donde se puede observar todas las anomalías o desviaciones como también anotaciones que agreguen valor.

Figura 5. Tablero de indicadores de la línea de galvanizado



Es común ver indicadores que no aportan información significativa al proceso, ya sea por obsolescencia del mismo o sencillamente no fue seleccionado de manera correcta, por lo cual siempre se debe prestar atención a la hora de definir bien los objetivos para luego identificar los

idóneos; los indicadores de gestión son la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia estipulado, pueden señalar una desviación sobre la cual se

toman acciones correctivas o preventivas según el caso.

El diagrama de Pareto se puede visualizar como un análisis inicial para compilar toda la información recolectada y así presentar cuáles son las causas más críticas dentro del proceso; una vez identificadas como se pudo evidenciar en la figura No 4, se procede a realizar análisis más exhaustivos a cada una de ellas para así llegar a la causa raíz.

Entre los análisis se pueden encontrar el diagrama de Ishikawa y también el análisis de los 5 por qué (análisis de causa raíz), éste último es una técnica de resolución de problemas que se utiliza para explorar la relación causa-efecto que conduce a un determinado problema. Su nombre se deriva de la frecuencia en que se usa la pregunta «¿Por qué?». Dicha pregunta

repetitiva es utilizada para dar con la causa raíz del problema y se repite en la mayoría de los casos 5 veces, la repuesta que se da, es la base de la siguiente pregunta. Pero es importante recalcar que en ocasiones llegar a los 5 «¿Por qué?» puede ser perjudicial para el análisis, ya que podría derivar en la respuesta de «No hay suficientes recursos para costearlo» y esto puede ser un callejón sin salida dentro del análisis.

Estas dos técnicas se pueden agrupar y crear una herramienta completa donde permita dividir las posibles causas en categorías como por ejemplo las 5M's y también aprovechar el cuestionamiento exhaustivo que brinda los "5 ¿por qué?" al momento de buscar la solución de un problema, en la figura 6 se puede observar una plantilla empleada en el proyecto de mejora de esta empresa.

Figura 6. Formato para el análisis causa-efecto y los "5 ¿por qué?"

ANÁLISIS DE CAUSA-EFECTO / 5 ¿POR QUÉ?					
Fecha:	Falla:				Equipo:
5M	1. ¿Por Qué?	2. ¿Por Qué?	3. ¿Por Qué?	4. ¿Por Qué?	5. ¿Por Qué?
MANO DE OBRA					
MATERIALES					
MÉTODO					
MÁQUINA					
MEDICIÓN					
CAUSA FUNDAMENTAL:			¿Por qué no se detectó?		

Las roturas por enredo, en el caso de la línea de galvanizado, son las que presentan la mayor cantidad de tiempo improductivo en la línea, por lo que se procede a realizar el análisis de causa raíz que se plantea en la figura 6, evidenciando que hay muchos factores que influyen en la generación de este problema, desde fallas en máquina, mano de obra, materiales, entre otros. Luego del análisis, se avanza a la siguiente etapa del DMAIC, la cual es Improve (Mejorar), y es aquí donde entra en juego todo ese compendio de herramientas Lean que se mencionaron a inicios del artículo,

ya que éstas son, dependiendo de la falla a solucionar, un buen arsenal de instrumentos útiles que se pueden aplicar para solventarlos.

Para la gestión de las mejoras que se van a implementar en la solución de todos aquellos problemas detectados en la etapa de análisis, generalmente se emplea un plan de acción donde se pueda llevar el estatus de las contramedidas que puedan dar con la causa raíz; se puede observar en la figura 7 un formato de ejemplo de un plan de acción básico.

Figura 7. Ejemplo de Formato para Plan de acción/contramedidas

PLAN DE ACCIÓN / CONTRAMEDIDAS

<i>ACCIÓN</i>	<i>RESPONSABLE</i>	<i>FECHA DE CIERRE</i>	<i>STATUS</i>

Cada último “por qué” que se generó en el análisis de las posibles causas raíces deben estar sujeta a una o más contramedidas que logre solventar la misma, por ende, todo plan de acción se genera seguidamente al emplear la herramienta descrita en la figura 6.

Una de las principales causas de las roturas por enredo, como su nombre lo indica, son los enredos provenientes de la materia prima que alimenta a esta línea, las cuáles son cestas de alambre trefilado en el proceso anterior que vienen con enredos y se truncan durante el proceso siguiente. Se procede a realizar análisis del proceso de Trefilado, que es el anterior y se logró

evidenciar desviaciones existentes entre las cestas que provienen de los trefiladores de los distintos turnos que tiene la planta, y es ahí donde entra en juego uno de los pilares del templo de la manufactura esbelta, que es la estandarización de procesos, es decir, la toma de la mejor práctica para su posterior estandarización, enseñando a todos los turnos a trabajar dentro del mismo esquema de proceso.

Como Malpartida (2020) dice: El Trabajo Estandarizado (TE), es una herramienta, que permite estandarizar las operaciones. Para esto, se establece la línea base de evaluación y se administran los procesos con la finalidad de evaluar su desempeño.

Al tener la documentación estandarizada se asegura que la secuencia de las acciones del operador sea repetible en el tiempo, sin dificultades, apoyada por el control visual, esta es una herramienta para iniciar acciones de mejora, cerciorándose de que las operaciones sean más seguras y efectivas.

La estandarización, además de ser aplicada en los procedimientos, es aplicada en la puesta a punto de la línea, para minimizar los tiempos de parada entre los cambios de herramientas y la puesta a punto de la máquina.

Para finalizar, se procede a evaluar todos los valores que arrojan los procesos, aquellos que no eran documentados, junto con la gestión visual y los parámetros de calidad de cada uno de los productos, con la finalidad de tener todos estos elementos bien documentados para su posterior

control de proceso en el tiempo, cumpliendo con la última sigla del DMAIC y aún más importante, para lograr verificar que el proceso se encuentre dentro de los parámetros de control con los KPI's que fueron explicados anteriormente.

En el caso de la línea de galvanizado, a medida que van pasando los meses se observa un incremento en el tonelaje producido mensual conforme se van ejecutando las contramedidas del plan de acción, donde se emplean diversas herramientas Lean con un análisis y monitoreo constante para evaluar la efectividad de dichas herramientas como también los análisis causa-raíz. Cabe destacar que el cambio de cultura del equipo de trabajo hacia la mejora, uno de los papeles más importante para la implementación del Lean Seis Sigma en la cadena de operaciones.

CONCLUSIONES

La secuencia de implementación del Lean Seis Sigma va a depender del proceso de manufactura y la empresa. En la implementación del Lean en una empresa, la cultura y el pensamiento de los trabajadores juegan un rol importante para que los cambios generados perduren con el tiempo. La resistencia al cambio puede representar una gran traba al momento de implementar el Lean Seis Sigma.

En la etapa de análisis del DMAIC deben asistir todos los trabajadores involucrados

del proceso, no solamente la junta directiva. La cantidad de contramedidas es proporcional al número de últimos "por qué" que se generan en el análisis causa-efecto.

El enfoque Lean es muy útil en empresas venezolanas ya que éstas no requieren de grandes inversiones sino de reducir los desperdicios que generamos en nuestros procesos. En un proyecto de incremento de productividad deben estar involucrados todos los trabajadores de distintos niveles de la empresa.

REFERENCIAS

- Bhaskar, H. L. (2020). Lean Six Sigma in Manufacturing: A Comprehensive Review. En F. García, I. Segovia, T. Bányai y P. Tamás (Eds.) *Lean Manufacturing and Six Sigma - Behind the Mask* (cap. 10, pp. 1-29). IntechOpen.
<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89859>
- Cabrera C. (2021). *VSM Value Stream Mapping, Análisis del Mapeo de la Cadena de Valor. (1ra ed.)*. Cantú, H. (2011). *Desarrollo de una cultura de Calidad (4ta ed.)*. McGraw-Hill.
- Deming, W.E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Ediciones Díaz de Santos.
- Huang, J.; Irfan, M.; Saman, S. y Shahid, R. (2023). The role of lean six sigma in driving sustainable manufacturing practices: an analysis of the relationship between lean six sigma principles, data-driven decision making, and environmental performance. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1-12.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1184488>
- Ikumapayi, O.M.; Akinlabi, E.T.; Mwema, F.M. y Ogbonna, O.S. (2020). Six sigma versus lean manufacturing – An overview. *Materials Today: Proceedings*, 26 (2), 3275-3281.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.986>
- Jacobs, R., & Chase, R. (2022). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros (16.a ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Karwande, R.; Bhosle, S. y Ambad, P. (2023). A Review of Six Sigma Approach to Enhance Performance in Manufacturing Industries. En *Proceedings of the International Conference on Applications of Machine Intelligence and Data Analytics (ICAMIDA 2022)*. Atlantis Press.
https://doi.org/10.2991/978-94-6463-136-4_56
- López, X. N. (2020). *VS M: herramienta clave de la mejora continua metodología y aplicación* [Tesis de maestría, Universidad Católica de Córdoba].
- UCC Sistema de Bibliotecas.
<http://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/id/eprint/2805>
- Malpartida Gutiérrez, J. N. (2020). Importancia del uso de las herramientas Lean Manufacturing en las operaciones de la industria del plástico en Lima. *Llamkasun*, 1(2), 77-89.
<https://doi.org/10.47797/llamkasun.v1i2.16>
- Mittal, A.; Gupta, P.; Kumar, V.; Al Owad, A.; Mahlawat, S. y Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9 (3), e14625.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>
- Moreira, T., Nascimento, D., Smirnova, Y., & Santos, A. (2024). Lean six sigma 4.0 methodology for optimizing occupational exams in operations management. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(8), 93-119.
<https://doi.org/10.1108/IJLSS-07-2023-0123>
- Okwu, M. (2021). Review of the Impact of Six Sigma as a process improvement in manufacturing systems in the era of Industry 4.0. En *2nd South American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
<https://doi.org/10.46254/SA02.20210523>
- Prades, R., Mahiques, J., Verdoy, P., & Pellicer, S. (2006). *Manual de Control Estadístico de Calidad. Teoría y aplicaciones (3.a ed.)*. Universidad Jaume I. Servicio de Comunicación y Pu.
- Rebozov, N. (2022). *Creando una cultura kaizen: Cómo dejar de apagar incendios y desarrollar equipos ganadores*. Libella.
- Skalli, D., Charkaoui, A., Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Antony, J., & Shokri, A. (2023). Industry 4.0 and Lean Six Sigma integration in manufacturing: A literature review, an

integrated framework and proposed research perspectives. *Quality Management Journal*, 30(1), 16–40.

<https://doi.org/10.1080/10686967.2022.2144784>

Tampubolon, S., & Purba, H. (2021). Lean six sigma implementation, a systematic literature review. *International Journal of Production*

Management and Engineering, 9(2), 125–139.

<https://doi.org/10.4995/ijpme.2021.14561>

Vanzant, T. (2024). *Lean Six Sigma International Standards and Global Guidelines* (3rd ed.).

Routledge.

Autores

José Gregorio Otero Bracamonte. Ingeniero Mecánico, Universidad de Carabobo, Venezuela. Cursando Programa de Maestría en Administración de Empresas, Mención: Gerencia, Facultad de Ciencias Económica y Sociales, Universidad de Carabobo.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0497-3892>

Email: josegregoriootero31@gmail.com

Andrea Carolina Castañeda Sanabria. Ingeniero Mecánico, Universidad de Carabobo, Venezuela. Cursando Programa de Maestría en Administración de Empresas, Mención: Gerencia, Facultad de Ciencias Económica y Sociales, Universidad de Carabobo.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8137-9205>

Email: andreacastaneda960111@gmail.com

Recibido: 22-09-2024

Aceptado: 27-12-2024