

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA MODELO DMAIC PARA OPTIMIZACIÓN APLICADA EN UNA COMPAÑÍA AUTOMOTRIZ DE LA ZONA FRONTERIZA DE TAMAULIPAS

APPLICATION OF THE SIX SIGMA METHODOLOGY DMAIC MODEL FOR APPLIED OPTIMIZATION IN AN AUTOMOTIVE COMPANY IN THE BORDER AREA OF TAMAULIPAS

Valeria Viridiana Sarmiento Aguirre¹
Mario Alberto Morales Rodríguez²
Carlos Edén Garza Mendiola³
José Alberto Morales Rodríguez⁴
Gabriela Cervantes Zubirías⁵

RESUMEN

En esta investigación se inicia presentando una explicación de los beneficios obtenidos por otras empresas, al aplicar la metodología Seis Sigma sus antecedentes de la metodología, así como de principios estadísticos para el entendimiento del funcionamiento de la metodología y requerimientos para su implementación. En la etapa de Define se muestra la forma en que se realizó la investigación del problema en el área línea automotriz Air Condition (A/C), líneas modelo: IHX de una empresa maquiladora de Transferencia de Fluidos, en la etapa del Measure es la investigación y desarrollo de Gage Repeatability and Reproducibility (GR&R), en la etapa del Analyse investigación y desarrollo de Performance Management Appraisal Program (PMAP), además de elaboración de prueba implementación, en la etapa del Improve es la definición de un plan para la implementación de las mejoras, como implementamos y verificamos la solución final, y finalmente la etapa del Control se garantiza que la solución se implementó correctamente, se monitoreo el avance del programa, cuanto mejoró el proceso desde la implementación del programa de mejora, a que otros procesos se podría extender el programa y realizar mejoras. La especificación de cómo se incrementó la eficiencia, redujo el costo del scrap y se incrementó la capacidad línea automotriz A/C líneas modelo: IHX para producir y detectar el material no conforme, utilizando métodos estadísticos de Seis Sigma.

PALABRAS CLAVE: Seis Sigma, GR&R, DMAIC, Scrap, Mejora Continua

Fecha de recepción: 06 de marzo, 2022.

Fecha de aceptación: 30 de marzo, 2022.

¹ Egresada de Ingeniero Industrial de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. a2153710343@alumnos.uat.edu.mx

² Coordinador Académico del Programa Académico de Ingeniero Industrial de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. mmorales@docentes.uat.edu.mx

³ Profesor de Horario Libre del Programa Académico de Ingeniero Industrial de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. cegarza@uat.edu.mx

⁴ Profesor de Horario Libre del Programa Académico de Ingeniero Industrial de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. alberto.morales@uat.edu.mx

⁵ Profesora de Tiempo Completo del Programa Académico de Ingeniero Industrial de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. gabriela.cervantes@docentes.uat.edu.mx



APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA MODELO DMAIC PARA OPTIMIZACIÓN APLICADA EN UNA COMPAÑÍA AUTOMOTRIZ DE LA ZONA FRONTERIZA DE TAMAULIPAS

ABSTRACT

This research begins by presenting an explanation of the benefits obtained by other companies, by applying the Six Sigma methodology, its background to the methodology, as well as statistical principles for understanding the operation of the methodology and requirements for its implementation. In the Define stage, it shows the way in which the investigation of the problem was carried out in the area of the automotive line A/C lines model: IHX of a Fluid Transfer maquiladora company, in the Measure stage it is the research and development of GR&R, in the Analyze research and development stage of PMAP, in addition to the elaboration of test implementation, in the Improve stage it is the definition of a plan for the implementation of improvements, how we implement and verify the final solution, and finally the Control stage It is how we guarantee that the solution was implemented correctly, we monitor the progress of the program, how much the process has improved since the implementation of the improvement program, to which other processes we could extend the program and make improvements to them. The specification of how efficiency was increased, cost reduced (Scrap) and capacity increased automotive A/C lines model: IHX to produce and detect non-conforming material, using Six Sigma statistical methods.

KEYWORDS: Six Sigma, GR&R, DMAIC, Scrap, Continuous Improvement

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la necesidad de producir en forma eficiente: sin retrasos en la entrega del producto al cliente, manteniendo la calidad y a bajo costo, es un factor importante para las organizaciones que desean ser competitivas en un mercado como el actual, que exige respuesta pronta a sus requerimientos de compra. La implementación de sistemas de producción eficientes es algo primordial que deben implementar las empresas industriales de manufactura.

En los últimos años se han implantado con gran éxito dos metodologías principales de gestión por procesos en muchas entidades financieras. Estas dos metodologías son Lean y Six Sigma.

Con las metodologías de gestión de procesos se mejora la calidad, se reducen los errores y se proporciona al cliente el producto o servicio que se ajusta a sus necesidades y expectativas. Se diseñan productos de calidad que aportan valor al cliente.

Como en el resto de los sectores, los clientes de sector automotriz buscan un servicio de calidad que satisfaga sus necesidades. Por esta razón, muchas entidades manufactureras aplican Lean y Six Sigma teniendo en cuenta la voz del cliente; le preguntan al cliente que es lo que quiere.

Esta mejora de la calidad del servicio supone un impacto sostenible a medio y largo plazo. Implica un incremento de los beneficios gracias a la reducción de los costes y a la mejora de la productividad.

En definitiva, Lean y Six Sigma proporcionan muchos beneficios al sector automotriz. Permite mejorar las operaciones, proporcionar servicios de mayor calidad a sus clientes reducir los costes, eliminar lo que no aporta valor al cliente e incrementar los beneficios.

El presente trabajo, consiste en la aplicación de la metodología Define, Measure, Analyze, Improve, and Control (DMAIC), para reducir el reporte de scrap causado por el defecto de soldadura quemada, en producto línea automotriz A/C lines modelo: IHX, cuyo objetivo es la implementación de mejora continua para el ahorro de costos en el proceso de producción de línea automotriz Air Condition (A/C), lines modelo: IHX en el cual el análisis del proceso será fundamental para realizar reducción de scrap bajo el código 49P15 (Soldadura quemada) en un 50% de cifra actual correspondiente a un



APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA MODELO DMAIC PARA OPTIMIZACIÓN APLICADA EN UNA COMPAÑÍA AUTOMOTRIZ DE LA ZONA FRONTERIZA DE TAMAULIPAS

Ahorro total de \$10,202 MXN. Por mes. Lograr disminuir el defecto del proceso de soldadura mediante la aplicación de metodología Six Sigma modelo DMAIC.

Y cuyos objetivos específicos son:

1. Ahorro de costos por medio de la reducción de scrap en línea automotriz A/C lines modelo: IHX.
2. Analizar proceso de soldadura en línea automotriz A/C lines modelo: IHX para reducción de scrap.
3. Disminuir defectos en proceso de soldadura para modelo de línea automotriz A/C lines modelo: IHX

JUSTIFICACIÓN

Actualmente cada día hay más personas laborando en el área de calidad y mejora continua, y en toda empresa de alto nivel se está adoptando poco a poco la política de "La Calidad Primero", lo cual conlleva a la preferencia por el proveedor que da los mejores productos a tiempo y con un costo justo volviéndose así líder en su área, y maximizando las ganancias de este proveedor.

Para lograr lo anterior es necesario adoptar nuevos sistemas de calidad para figurar a nivel mundial. El Seis Sigma es uno de los más exitosos sistemas de calidad que actualmente ha dado resultados reales en muchas empresas; de este sistema se tiene muy poca información disponible de manera gratuita y presentada de una forma aplicada a un proyecto para entender la metodología en la práctica.

Por lo anterior y con experiencia en este tema se presenta en esta investigación, esperando que sea un apoyo al lector de esta.

METODOLOGÍA

En la aplicación de la metodología six sigma contiene 5 etapas tales como: definir, medir, analizar, mejorar y controlar su acrónimo en ingles DMAIC. En cada etapa de esta implementación se trazaron diferentes análisis y estrategias para alcanzar el objetivo planteado.

En la etapa definir de la metodología six sigma en la cual se define: se realizan las siguientes preguntas reflexivas ¿Quién es el cliente? y ¿Cuáles son sus expectativas de producto?, Requerimientos críticos del cliente Critical to Quality (CTQ), ¿Cuál será el alcance del proyecto de mejora?, ¿Dónde comienza y termina el proceso que deseamos mejorar?, ¿Qué información tenemos del proceso actualmente?, ¿Quiénes van a formar parte del equipo?

1. Se inició Herramienta correspondiente a TMAP para desarrollo de metodología DMAIC. Las preguntas correspondientes fueron:
 - ¿Cuál es el estado actual de Scrap en línea automotriz A/C lines modelo: IHX?
 - ¿Cuál es el defectuoso más representativo en línea automotriz A/C lines modelo: IHX?

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA MODELO DMAIC PARA OPTIMIZACIÓN APLICADA EN UNA COMPAÑÍA AUTOMOTRIZ DE LA ZONA FRONTERIZA DE TAMAULIPAS

▪ **Problema.**

Actualmente en la compañía donde se desarrolló la investigación tiene un registro de 46,155 piezas de scrap documentadas en un periodo de 7 meses equivalente a un monto total de 561,777.57 MXN. Con este dato obtenemos un promedio de 6,593.57 piezas por mes equivalente a un monto total de 80,253.90 MXN. Por mes. en línea automotriz A/C lines modelo: IHX

- Principales causas de defectos en defectuosos línea automotriz A/C lines modelo: IHX.

Las tres causas de defectos de mayor impacto en reporte de scrap en línea son:

1. Bajo el código 49P15 (Soldadura quemada) se documenta un total de 10,563 piezas de scrap.
2. Bajo el código 33P15 (Pieza con fuga) se documenta un total de 7,389 piezas de scrap.
3. Bajo el código 48P15 (Soldadura porosa) se documenta un total de 6,915 piezas de scrap.

- Elección de defecto en defectuoso.
 - Defecto bajo el código 49P15 (Soldadura quemada)

Histórico documentado en 7 meses = 10,563 piezas

En la etapa de medición de la metodología six sigma en la cual se verifica: ¿Como se lleva el proceso actualmente?, ¿Que indicadores y parámetros necesitamos conocer para cumplir con los CTQs (Critical to Quality) ?, ¿Qué y cómo vamos a medir para obtener los datos necesarios?

Continuación de Herramienta correspondiente a TMAP para desarrollo de metodología DMAIC. Las preguntas correspondientes fueron:

¿En qué parte(s) de la estructura de pieza se encuentra presente quemadura de acuerdo a la información documentada en scrap de línea?

¿En dónde se lleva a cabo el proceso de soldado?

¿Quién coloca pieza en fixture de brazer No? Maquina # A30-0029 y brazer No. Maquina # A30-0030?

¿Quién proporciona el entrenamiento a personal de producción para trabajar en estaciones de brazer?

Continuación de Herramienta correspondiente a TMAP para desarrollo de metodología DMAIC. Las preguntas correspondientes fueron:

¿Cuál es el principal factor de variación en brazers de línea?

¿Cuál es el mayor factor de variación en brazers de línea?

¿La presencia de poros en línea de transferencia de fluidos afecta directa o indirectamente a la obtención de Scrap bajo el código = 49P15 (Soldadura quemada)?

¿Existe una prueba que valide la conclusión?

Desarrollo de Herramienta correspondiente a PMAP, mapa de proceso detallado.

Razón de elaboración: Si explotas cada paso en su detalle, encontrarás que la verdadera actividad de valor añadido está aislada en uno o dos pequeños pasos.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA MODELO DMAIC PARA OPTIMIZACIÓN APLICADA EN UNA COMPAÑÍA AUTOMOTRIZ DE LA ZONA FRONTERIZA DE TAMAULIPAS

En la etapa de mejorar de la metodología six sigma en la cual se verifica: ¿Como solucionamos el problema?, ¿Se debe definir un plan para la implementación de las mejoras?, ¿Como implementamos y verificamos la solución final?

Continuación de Herramienta correspondiente a TMAP para desarrollo de metodología DMAIC. Las preguntas correspondientes fueron:

¿Cómo podemos mejorar el proceso de línea automotriz A/C lines modelo: IHX para reducción de retrabajo en Brazer A30-0029?

Y finalmente en la etapa de control de la metodología six sigma en la cual se verifica: Como garantizamos que la solución se implementó correctamente, Como monitoreamos el avance del programa, Cuanto mejoro el proceso desde la implementación del programa de mejora, A que otros procesos podríamos extenderles el programa y realizarles mejoras.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El modelo de gestión adoptado por una empresa, para gestionar sus procesos, es de gran importancia estratégica, para la misma. En el momento compañía en línea automotriz A/C lines modelo: IHX. tenía un registro de 46,155 piezas de scrap documentadas en un periodo de 7 meses equivalente a un monto total de 561,777.57 MXN. Con este dato obtuvimos un promedio de 6,593.57 piezas por mes equivalente a un monto total de 80,253.90 MXN. Por mes. en línea automotriz A/C lines modelo: IHX. Por lo cual en presencia de estos parámetros financieros es indispensable el desarrollo de metodologías de mejora de procesos con objetivo de optimizar los recursos de la compañía y satisfacción del cliente bajo modelo A/C line modelo: IHX en proceso de línea automotriz A/C lines modelo: IHX.

En esta investigación se buscó incrementar la eficiencia, reducir el tiempo de inspección e incrementar la capacidad del departamento de inspección de recibo para detectar el material rechazado antes de que llegue a producción, utilizando métodos estadísticos de Seis Sigma.

Los puntos a resolver fueron: El entrenamiento, Estandarización de criterios, No inspección. Para cubrir la mayor cantidad de puntos de los problemas se propuso un fixture para habilitar el uso de la máquina Quickvision mismo fue colocado en estado inactivo durante más de un año, ya que no existían programas, ni métodos de uso de dicha máquina, aplicados a la inspección de las piezas que se recibían en el departamento de inspección de recibo, se propuso un método en el cual el objetivo fue: Reducir tiempo en alineación, Aumentar la confiabilidad de inspección, Incrementar la cantidad de inspección.

Como resultado, el uso de la máquina propuesta (Quickvision) fue notablemente mejor opción que el método de inspección tradicional (Microview), en cuanto a tiempo de inspección, sin opción de error por el operario. Desarrollando la metodología formal de aplicación de Seis Sigma en general siguió este esquema: definir, medir, analizar, mejorar, controlar (DMAIC, por sus siglas en inglés).

1er. Etapa-DEFINIR

Problema En el 2002 se encontraron en piso, 617 lotes con material defectuoso, de los cuales se mejorar la confianza de la inspección de este material.

- Objetivo Incrementar la eficiencia, reducir el tiempo de inspección e incrementar la capacidad del departamento de inspección de recibo para detectar el material rechazado antes de que llegue a producción.



APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA MODELO DMAIC PARA OPTIMIZACIÓN APLICADA EN UNA COMPAÑÍA AUTOMOTRIZ DE LA ZONA FRONTERIZA DE TAMAULIPAS

• Defecto / Oportunidad El defecto del proyecto es la confiabilidad de los rechazos a tiempo, y la cantidad de partes no inspeccionadas por falta de recursos y la metodología usada. La oportunidad es mejorar la cantidad de inspección.

2da. Etapa - MEDIR

En la etapa de medir se especificó cuál es la característica crítica de calidad interna (traducir lo que quiere el cliente al lenguaje de la organización) (Y), definir que es defecto para el proyecto y se valida el sistema de medida, entrada (X) -> proceso -> salida (Y).

3er. Etapa - ANALIZAR

En la etapa de analizar, se midió la capacidad actual; a través de cualquier herramienta estadística que permitiera detectar la fuente de variación análisis de los datos con detalle, e identificación de las variables que causantes de variación en el proceso (X1, X2, Xn)

4ta. Etapa – MEJORA

La etapa de Mejora trato las oportunidades de mejoras identificadas en el paso anterior. Primero debió identificar las posibles soluciones para corregir y evitar la causa raíz del problema, a continuación, se recomiendo probar para averiguar si la solución propuesta es efectiva, si no era así, debió ser repensada y re planificada; si el resultado de la prueba era prometedor, se debió implementar la acción.

5ta. Etapa - CONTROLAR

En la etapa de controlar, se establecieron controles estadísticos que permitan garantizar la mejora a largo plazo, comprobar el sistema de medida, las causas de variación, medir el beneficio comparando el antes y después de la mejora, se incluyó planes de control, que aseguran a estas mejoras mantenerse en el tiempo límite especificado.

Se presentó desarrollo de metodología acuerdo una Investigación Extranjera en la Universidad Autónoma de Madrid Facultad de CC Económicas y Empresariales Departamento de Contabilidad y Organización de Empresas en División de estudios Doctorado el D. Antonio Zabaleta Moreno para obtener el grado de Doctorado en Contabilidad y Organización de Empresas (2017) realizo proyecto: Impacto en Resultados en la banca mundial de la aplicación de metodologías de Gestión por

IMAGEN PRUEBA DE NORMALIDAD

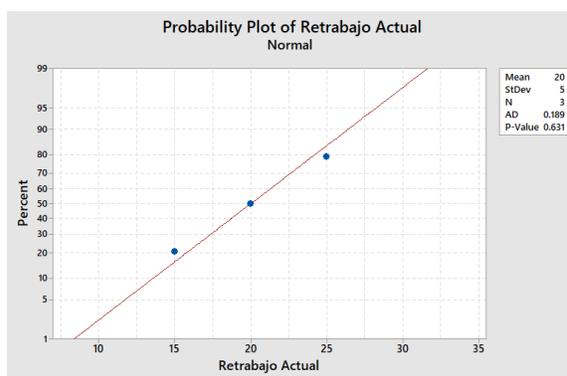


Imagen 1. H0. Los datos presentan una distribución normal.

Fuente: Elaboración propia

IMAGEN PRUEBA DE NORMALIDAD

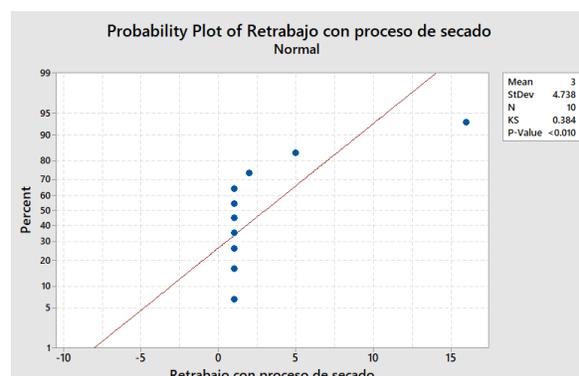


Imagen 2. H1. Los datos no presentan una distribución normal.

Fuente: Elaboración propia

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA MODELO DMAIC PARA OPTIMIZACIÓN APLICADA EN UNA COMPAÑÍA AUTOMOTRIZ DE LA ZONA FRONTERIZA DE TAMAULIPAS

Como se presenta en la **imagen 1**, donde los datos presentan una distribución normal mientras que en la **imagen 2**, presentan que los datos no presentan una distribución normal.

Procesos, con objetivo de examinar el impacto de la aplicación de las metodologías de mejora de procesos en el sistema financiero global. Para medir el impacto, se consideraron las siguientes variables principales: La productividad, la eficiencia, la rentabilidad y los resultados financieros. Los efectos se midieron tras la implantación de las metodologías de mejora de procesos en el sistema financiero a nivel europeo y a nivel mundial.

La presente investigación fue más allá. Además de medir los efectos en las variables principales de productividad, eficiencia y rentabilidad, midió los efectos de la aplicación de las metodologías de mejora de procesos en la evolución de otras variables críticas en el sistema financiero. Con el análisis de estas variables se consiguió una visión más completa del impacto de la aplicación de metodologías de mejora de procesos en las entidades financieras.

Las variables críticas analizadas (además de la productividad, la eficiencia, la rentabilidad y los resultados financieros) fueron: La estructura de Balance, la información bursátil y la rentabilidad de los accionistas de las entidades financieras y la gestión de los riesgos (evolución de las provisiones y de los créditos dudosos) y la solvencia.

Esta investigación no se centró únicamente en los objetivos anteriores, sino que también ofreció líneas futuras de investigación sobre la aplicación de metodologías de mejora de procesos en los servicios y en la banca.

Se consiguió en el primer objetivo identificar todos los estudios similares que examinan el impacto en resultados de la aplicación de metodologías de mejora de procesos. Tras la revisión de más de treinta estudios e investigaciones se observó una evolución durante los últimos años en la investigación sobre la aplicación de metodologías de mejora de procesos en las organizaciones. Existen estudios que miden el impacto en resultados por la aplicación de metodologías de mejora de procesos con diferentes alcances y ámbitos:

- Con foco en ciertas industrias: fabricación de vehículos, construcción, sector hospitalario, sector de la educación superior.
- Con un alcance limitado a ciertos ámbitos geográficos como Brasil, Tailandia, China, Líbano, Estados Unidos.
- Estudios centrados en ciertas filosofías de mejora de procesos de forma aislada: Lean, Six Sigma, Total Quality Management.
- Documentos centrados en ciertos programas de mejora o en casos de estudio concretos.
- Estudios centrados en un único tipo de variables financieras.

Estatus = Antes	Estatus = Después
Scrap documentado en 7 meses bajo el código 49P15 igual a \$20,404 MXN. Por mes. 645.0895 MXN. Por Turno bajo el código 49P15	✓ \$2,044.812 MXN. Por mes. 73.029 MXN. Por Turno bajo el código 49P15
Proceso Brazer A30-0029 correspondiente a: Retrabajo = 44%	Proceso Brazer A30-0029 correspondiente a: Retrabajo = 7% Good = 93%



APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA MODELO DMAIC PARA OPTIMIZACIÓN APLICADA EN UNA COMPAÑÍA AUTOMOTRIZ DE LA ZONA FRONTERIZA DE TAMAULIPAS

Good = 68%	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Incremento de Yield en un 37% en Brazer A30-0029 ✓ Eliminación de Re trabajo en un 37% en Brazer A30-0029
<p>Se toma decisión de: (REALIZAR UN PROCESO DE SECADO) en Brazer #A30-0029 realizar proceso de Brazer y obtener una respuesta bajo nueva implementación de proceso de secado. Ho</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se comprueba hipótesis de reducción de defecto presencia de poro en Sub ensamble de Línea de transferencia de fluidos con implementación de proceso de secado. ✓ Incremento de rate de producción como efecto de reducción de scrap

Tabla 1. Resumen de Escenario

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 1, se comprueba hipótesis de reducción de defecto presencia de poro en sub ensamble de línea de transferencia de fluidos con implementación de proceso de secado.

Este estudio fue más allá e introdujo nuevos ámbitos no abordados por estudios e investigaciones anteriores. Estos son los factores que hicieron que este estudio fuese más completo y diferencial respecto a los estudios anteriores:

Se centró en la industria bancaria y proporciona una visión global del sistema financiero a nivel mundial.

Realizo análisis por diferentes ámbitos: por áreas geográficas (por continentes), por tipos de metodologías de mejora (Six Sigma y Lean Six Sigma), por tipos de impactos en resultados. Se definieron tres fases para analizar de forma separada el efecto de la crisis que ha atravesado el sistema financiero global, y el efecto tras la crisis.

Incorporo las principales metodologías de mejoras de procesos que se están aplicando en la industria financiera.

Otras variables a considerar sobre las que se puede profundizar el análisis del impacto de la implantación de metodologías de mejora en las entidades financieras son: por el tamaño de la entidad, por tipos de productos, por tipos de banca (banca minorista, banca mayorista), por tipos de clientes (particulares, empresas), por tipos de tecnologías, por canales (omnicanalidad, multidispositivo), por influencia normativa, por nuevos sistemas de gestión de procesos.

Como resumen se puede afirmar para Investigación Nacional, Investigación Extranjera y Presente Investigación que la evolución en los resultados de Metodología Lean y Metodología DMAIC Six Sigma es favorable, incluyendo entre otros la mejora del proceso y eficiencia mediante la reducción de costo.



APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA MODELO DMAIC PARA OPTIMIZACIÓN APLICADA EN UNA COMPAÑÍA AUTOMOTRIZ DE LA ZONA FRONTERIZA DE TAMAULIPAS

CONCLUSIONES

Como conclusión tenemos que la metodología del Seis Sigma, nos proporciona una herramienta de mejora continua eficaz, a través de estadística aplicada, que apoya la satisfacción del cliente, y optimización de recursos.

- En el caso práctico se llegó a la conclusión de la reducción de scrap

-Documentado en 7 meses bajo el código 49P15 igual a \$20,404 MXN. Por mes a:

✓ **\$2,044.812 MXN. Por mes. Bajo el código 49P15**

Sin embargo, esta solución fue obtenida a través de una investigación e identificación del principal problema (desperdicio de recursos debido al entrenamiento de personal para desarrollo en operaciones correspondientes a Brazer A30-0030 y A30-0029 estandarización).

Herramientas para ver qué datos están fuera de control (o donde nos debemos enfocar).

Posteriormente el Diseño de experimentos (DOE).

Se demuestra que la metodología Seis Sigma puede ser usada para identificar y mejorar un proceso.

BIBLIOGRAFÍA

Antonio Zabaleta Moreno, (2017), *Impacto en Resultados en la banca mundial de la aplicación de metodologías de Gestión por Procesos*, Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de CC Económicas y Empresariales, Departamento de Contabilidad y Organización de Empresas.

Cariño, Rubén. Índices de Calidad en el Desarrollo de Software de Tiempo Real. Boletín IIE, Año 22, vol. 22, núm. 5, septiembre/octubre de 1998, pp. 212-218.

Edgar Giovanni Treviño Orozco, (2004), *Proyecto Seis Sigma*, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, División de Estudios de Posgrado.

Jairo Alfonso Vargas Bonilla, (Año ausente en documento), *Six Sigma Una estrategia empresarial que está revolucionando al mundo*, Fundación Universitaria Konrad Lorenz.

Lic. José Alfredo Castro Loarca, SIX SIGMA – SEIS SIGMA, Mazatenango, Suchitpeque. 20 de abril de 2018.

Lucas, James M. The Essential Six Sigma Quality Progress, enero 2002, pp. 27-31.

Manual de Herramientas Básicas para el Análisis de Datos. Guía de Bolsillo con las Herramientas para el Mejoramiento Continuo. GOAL/QPC 13 Branch Street Methuen, Ma. 01844.



**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA MODELO DMAIC PARA OPTIMIZACIÓN
APLICADA EN UNA COMPAÑÍA AUTOMOTRIZ DE LA ZONA FRONTERIZA DE TAMAULIPAS**

Marco Antonio Aranibar Gamarra (2016), *Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera*, Lima-Perú, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL E.A.P. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Nave, Dave. How To Compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints. Quality Progress, marzo 2002, pp. 73-78.

Nuevo Larousse Manual ilustrado, Editorial Larousse, México, 1970.

Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). Ed. 2000 Newtown Square, Pennsylvania, USA, 2000. pp. 4, 30-31.

Pyzdek, Thomas. Motorola's Six Sigma Program, tomado de The Complete Guide to the CQE, 1966, Tucson: Quality Publishing Inc.

Rodríguez Guillermo et al. La Investigación y la Norma ISO 9000 Boletín IIE, Año 22, vol. 22, núm. 5, septiembre-octubre, 1998, pp. 234-244.

SANDRINE CALETEC Aceleración controlada de la productividad SIX SIGMA, LEAN KAIZEN. Barcelona, España. SIPOC – Mapa de proceso a alto nivel, 1 de marzo de 2016.

Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos ISO 9001:2000, COPANT/ISO 9001:2000 NMX-CC-9001-IMNC-2000.