

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC DE SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS DE CERRADURAS AUTOMOTRICES

APPLYING THE SIX SIGMA DMAIC METHODOLOGY FOR THE REDUCTION OF AUTOMOTIVE LOCK DEFECTS

Jesús Fernando Cortez Merjil¹, Adán Valles Chávez², Mirella Parada González³, Humberto García Castellanos⁴,
Rosa María Reyes Martínez⁵

¹ Ingeniero Industrial del Tecnológico Nacional de México, Ciudad Juárez, Chih, México. fcmerjil14@gmail.com

² Doctor y Profesor de División de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, Ciudad Juárez, Chih., México.
avalles@itcj.edu.mx.

³ M. en C. y Profesora División de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, Ciudad Juárez, Chih., México.
mparada@itcj.edu.mx.

⁴ Doctor y Profesor de División de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, Ciudad Juárez, Chih., México.
humber.gc@itcj.edu.mx.

⁵ Doctora y Profesora de División de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, Ciudad Juárez, Chih., México.
rosyreyes2001@yahoo.com.

Resumen -- El presente artículo se desarrolló a partir de los resultados obtenidos al aplicar la metodología DMAIC de Seis Sigma en el proceso de cerraduras del ramo automotriz. El objetivo de esta investigación fue reducir el defecto principal que se genera es la línea de producción de cerraduras. Este artículo presenta cómo implementar la metodología DMAIC como un elemento de mejora continua en la práctica de reducción de defectos.

Palabras Clave: DMAIC, Seis Sigma, mejora de la calidad.

Abstract -- This article was developed from the results obtained by applying the Six Sigma DMAIC methodology in the automotive industry latch process. The objective of this research was to reduce the main defect that is generated is the production line of latches. This article presents how to implement the DMAIC methodology as an element of continuous improvement in defect reduction practice.

Key words – DMAIC, Six Sigma, quality improvement.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se desarrolló en una empresa que se dedica a la manufactura de cerraduras de cajuelas de los vehículos. Una cerradura es un mecanismo electrónico-mecánico ensamblado en la cajuela del vehículo donde este mecanismo engancha con una palanca para mantener cerrada la cajuela. El defecto de falla de reversa en la cerradura se debe al tiempo excedido en que el motor mueve la palanca a su posición inicial cuando se realiza la prueba funcional a la cerradura. El tiempo de regreso de la palanca a su posición inicial no debe exceder los 3.0 segundos.

El enfoque de este proyecto fue sobre la estación# 2 de subensamble de motor y engranes, la estación 3# de

prueba funcional y la estación# 13 probadora final del proceso. La estación 2 de subensamble de motor se encarga de ensamblar los tornillos del motor y la carcasa, después se ensambla los engranes en el subensamble (Ver figura 1). La estación# 3 de prueba final se encarga de probar el motor, se ensamblan los componentes restantes como cable y tapa (Ver figura 2).



Figura 1. Estación# 2, Ensamble de Motor y Engranes.



Figura 2. Estación# 3, Prueba Funcional.

La estación# 13 es una probadora utilizada para verificar tiempos de cinchado, cambio de estado de interruptores, voltajes de cierre y apertura, y aplicación de sello con gancho, la probadora final utiliza un módulo que es el mismo que va instalado en la camioneta para que la cerradura pueda cumplir su función (Ver figura 3). La

probadora final tiene la capacidad de rechazar diferentes defectos que puede tener la cerradura. La prueba funcional de una cerradura es un requisito del cliente, el cual exige que el material sea probado al 100%.

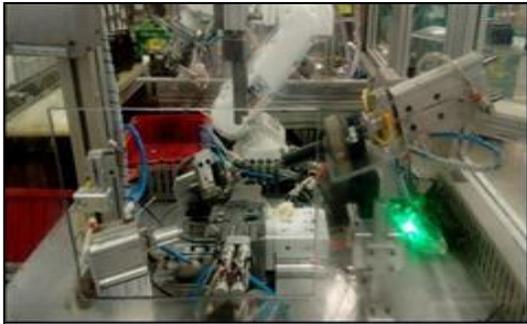


Figura 3. Estación# 13, Prueba Funcional y Empaque.

Este proyecto trata de reducción del defecto de falla de reversa aplicando la metodología DMAIC de Seis Sigma en el área de cerraduras, el defecto de falla de reversa se debe al tiempo excedido en que el motor mueve la palanca a su posición inicial cuando se realiza la prueba funcional a la cerradura, este defecto es el que mayor desperdicio genera en la línea de producción, afectando en tiempo, segregación y sorteo de componentes. Esta cerradura es elaborada en el área de cerraduras con un volumen semanal de 24,000 piezas, se trabaja 3 turnos a la semana para cumplir con la demanda del cliente.

La denominación Seis Sigma proviene de la letra griega Sigma “σ”, que se utiliza para la desviación estándar en una muestra. Sigma define la posible variación en una misma muestra o conjunto de elementos, aunque por supuesto todos los elementos que formen una muestra deben estar sujetos a las mismas condiciones [3]. Se explica que en cualquier proceso nos podemos encontrar una distribución de los resultados que correspondería con una campana de Gauss [3]. La figura 4 nos muestra los límites superiores e inferiores que delimitan la zona en que un objeto o cosa cumple las especificaciones requeridas, por lo que todo aquello que quede fuera de los límites se le puede denominar defecto.

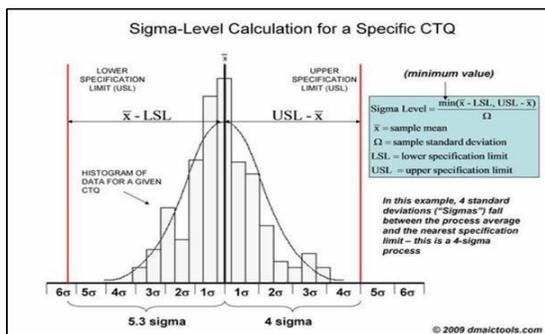


Figura 4. Cálculo del Nivel Sigma.

En Seis Sigma se determina como valor objetivo de 6σ a 3.4 errores por millón de oportunidades (DPMO), o es lo mismo que decir que el área que queda entre los límites de aceptación va desde -3σ a 3σ supone el 99.9997% sin defectos.

Seis Sigma se utiliza como una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto [6]. En la figura 5 se muestra gráficamente el cambio de un proceso con una calidad tres Sigma a uno con calidad Seis Sigma [12]:

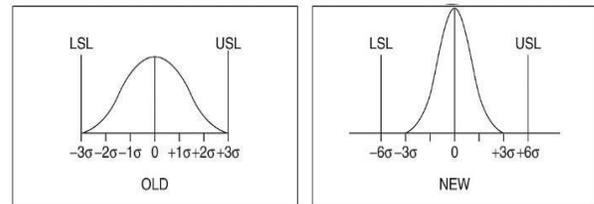


Figura 5. Cambio de un Proceso con Calidad Tres Sigma a Seis Sigma.

En 1988 Motorola alcanzó el prestigioso premio americano a la excelencia Malcom Baldrige National Quality Award. Una de las bases fundamentales de su estrategia de calidad fue el “Programa Seis Sigma”. Este programa lo diseñó y dirigió Bill Smith con el pleno apoyo del CEO Bob Galvin [2]. El objetivo de este programa fue reducir la variación de los procesos hasta alcanzar una fracción defectuosa media de 3.4 ppm (partes por millón, sí ha leído bien, 3.4 defectos por cada millón de oportunidades). Bill falleció en 1993 en pleno éxito de Seis Sigma.

De la mano de Mikel Harry y Leonard Schroeder, Seis Sigma se extendió con éxito a otras grandes empresas, como Allied Signal, Polaroid y, sobre todo, a la compañía presidida por el famosísimo Jack Welch, General Electric. Jack Welch se convirtió en el primerregonero de las “maravillas” de Seis Sigma, hasta el punto de incluir en las memorias anuales algunos éxitos alcanzados por GE con Seis Sigma (evidentemente cuantificados en dólares). El éxito en General Electric supuso el espaldarazo total a Seis Sigma y a partir de ahí empezó una mimetización por casi todas las grandes corporaciones norteamericanas. Naturalmente aquellas empresas que se limitaron a seguir “la moda” de manera frívola no alcanzaron los éxitos previstos, mientras que aquellas que entendieron y adaptaron las esencias de Seis Sigma, consiguieron mejoras en sus resultados de calidad y su posición competitiva [2].

Uno de los enfoques distintivos de Seis Sigma para la mejora de procesos y calidad es DMAIC [7]. El modelo DMAIC se refiere a cinco etapas interconectadas, es decir, definir, medir, analizar, mejorar y controlar que

ayudan sistemáticamente a las organizaciones a resolver problemas y mejorar sus procesos. Este método es utilizado para dar solución a los problemas dado que se enfoca en la mejora de los procesos “reduciendo la cantidad de errores y defectos en el producto final” [15]. [4] Se define brevemente las fases DMAIC de la siguiente manera en la figura 5:

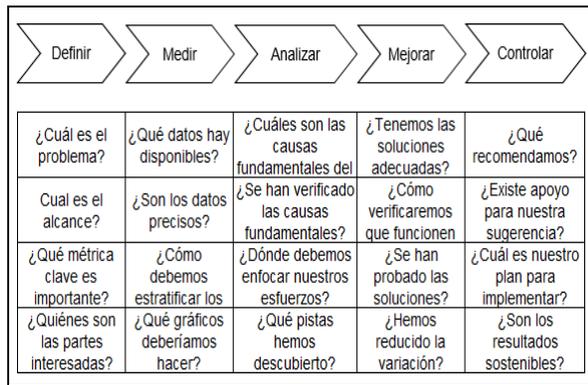


Figura 5. Fases de la Metodología DMAIC.

Definir: esta etapa dentro del proceso DMAIC implica definir el rol del equipo, el alcance y los límites del proyecto, los requisitos y expectativas del cliente y los objetivos de los proyectos seleccionados [8]. Los criterios para la selección y definición de proyectos se consideran entre otros “la mejora de la capacidad de los procesos y la reducción de defectos o desperdicios en las etapas más críticas del proceso” [9]

Medir: esta etapa incluye seleccionar los factores de medición a mejorar [11] y proporcionar una estructura para evaluar el desempeño actual, así como evaluar, comparar y monitorear las mejoras posteriores y su capacidad [14].

Analizar: esta etapa se centra en determinar la causa raíz de los problemas (defectos) [11], comprender por qué se han producido los defectos y comparar y priorizar las oportunidades de mejoramiento avanzado [1].

Mejorar: este paso se enfoca en el uso de experimentación y técnicas estadísticas para generar posibles mejoras para reducir la cantidad de problemas o defectos de calidad [11].

Control: finalmente, esta última etapa dentro del proceso DMAIC asegura que las mejoras sean sostenidas [11] y que el desempeño continuo sea monitoreado. Las mejoras de procesos también están documentadas e institucionalizadas [14].

DMAIC se asemeja al modelo de aprendizaje continuo y mejora de procesos de Deming plan-do-check-act (PDCA) [5]. Dentro de los enfoques de Seis Sigma,

DMAIC asegura la ejecución correcta y efectiva del proyecto al proporcionar un método estructurado para resolver problemas comerciales [10].

Se considera al DMAIC como un modelo de aprendizaje que, aunque enfocado a ejecutar actividades de mejora, enfatiza la recolección y análisis de datos previo a la ejecución de cualquier iniciativa de mejora [13]. Esto proporciona a los usuarios de la DMAIC una plataforma para tomar decisiones y cursos de acción basados en hechos reales y científicos, más que en la experiencia y el conocimiento como es el caso de muchas organizaciones, especialmente las pequeñas y medianas empresas [7].

DESARROLLO

En la siguiente sección se presenta la información y resultados obtenidos durante la aplicación de las cinco fases de la metodología de Seis Sigma para la reducción del defecto de falla de reversa en la línea de producción de cerraduras.

1. Definición.

Para realizar esta fase se contó con la participación de los miembros del equipo de diferentes áreas con el fin de obtener una descripción clara del problema, conocer las características de salida, especificaciones de la variable de respuesta, el alcance del proyecto y el plan de desarrollo del proyecto.

1.1 Descripción General del Problema.

Durante los años 2018 al 2019, una de las líneas principales de cerraduras de la compañía ha presentado un nivel bajo de producción y alto de scrap por el defecto de falla de reversa en la prueba funcional final. Los datos históricos muestran el mayor defecto generado en promedio y cantidad de piezas es el defecto de falla de reversa, ver figura 6:

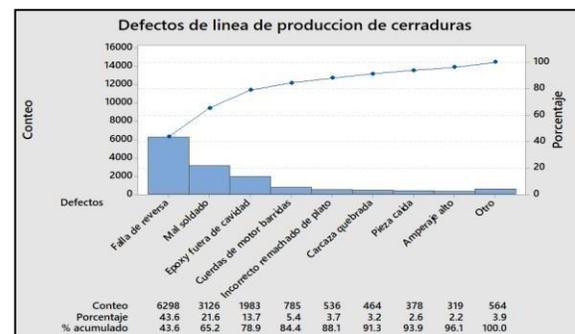


Figura 6. Distribución de Defectos

La figura 7 muestra los componentes que generan el defecto de falla de reversa, cuando el motor recibe energía eléctrica, el engranaje recibe movimiento a través

del piñón del motor y transfiere el movimiento a engrane planetario, por lo tanto, mueve la palanca a través de la interfaz de movimiento, la palanca es guiada por remache, la bola de horquilla recibe movimiento debido a la geometría de la palanca, moviéndola hacia puesto requerido. Sin embargo, las diferentes variables que generan el defecto de falla de reversa, la palanca excede el tiempo de reversa.

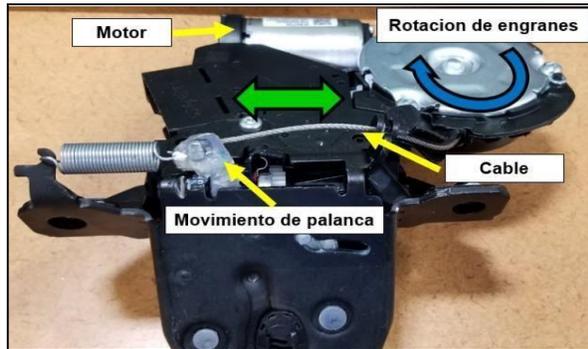


Figura 7. Función de Componentes.

1.2 Selección de las Características de Salida.

Las características críticas para el cliente, en este caso interno debido a que los defectos eléctricos son detectados durante la prueba eléctrica son listados a continuación:

- a) Crítico para la Calidad (CTQ): representa el porcentaje de piezas buenas contra total de piezas probadas eléctricamente.
- b)

$$Y_1 = \frac{\text{Total de defectos fallas reversa de cerraduras} \times 100}{\text{Total de piezas probadas}}$$

- c) Crítico para el Costo (CTC): representa el costo originado por desperdiciar material en la última etapa del proceso.

$$Y_2 = \frac{\text{Cantidad de fallas de reversa de cerraduras} \times \text{costo materia prima}}{\text{Cantidad de piezas producidas}}$$

1.3 Especificación de la Variable de Respuesta.

Debido a que el proyecto consiste en reducir el número de defectos de falla de reversa, se determinó como especificación tener un nivel de reducción promedio de al menos 30% de piezas sin falla de reversa.

1.4 Alcance del Proyecto.

El proyecto fue enfocado a la reducción del porcentaje de defectos por fallas de reversa en las cerraduras. En base a

que el reporte de análisis de la falla de reversa muestra que las variables que afectan directamente, el análisis se enfocará en las estaciones de atornillado y prueba funcional final. La figura 8 muestra el diagrama de flujo del proceso y las áreas de enfoque para el análisis en amarillo.

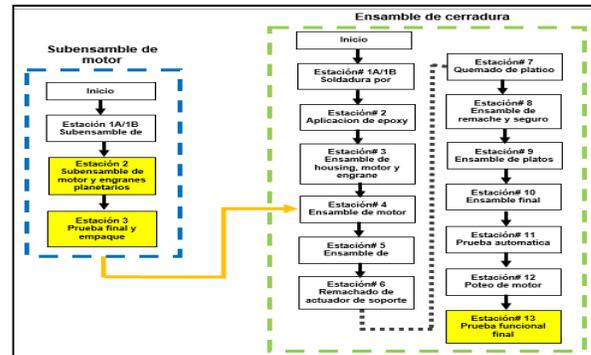


Figura 8. Diagrama de Flujo del Proceso.

1.5 Gráfico de Gantt.

Al inicio del proyecto se realizó un plan de desarrollo de las fases de la metodología Seis Sigma con fechas compromiso y se comparó con las fechas reales para la ejecución del proyecto. El cual se muestra a continuación en la figura 9.

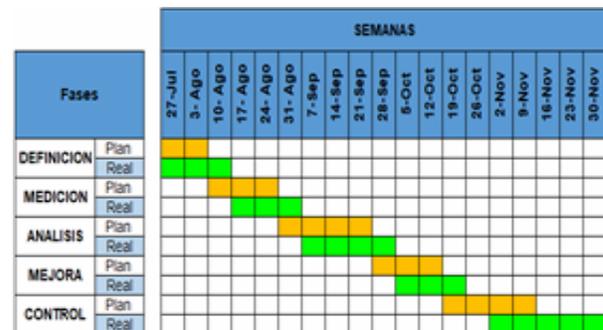


Figura 9. Gráfico de Gantt.

2. Medir.

La fase de medición consistió en decidir las variables a medir de los equipos y métodos de medición para el proyecto de reducción de defecto de falla de reversa, en la estación# 2 se agregó una fuente de poder para ciclar los subensambles durante el atornillado de la carcasa y motor, y por si la pieza llega a presentar amperaje alto después del atornillado.

2.1 Evaluación del Sistema de Medición.

Las fuentes de poder fueron calibradas por el equipo de metrología donde se realizó un estudio de linealidad y sesgo (Bias) para confirmar que los aparatos de medición

son confiables y están realizando las mediciones con exactitud, con este estudio se calibraron las fuentes de poder de ambas estaciones, ver figura 10.

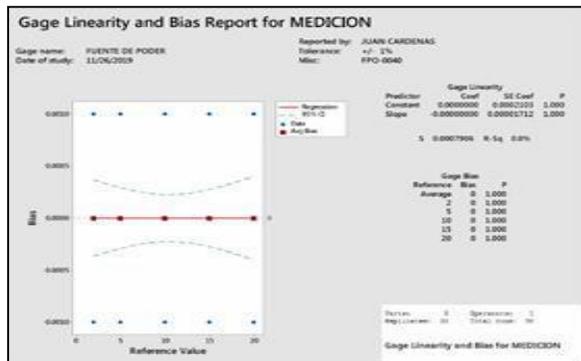


Figura 10. Estudio de Linealidad y Sesgo.

Conforme al resultado del estudio de linealidad y sesgo realizado, al verificar los coeficientes tanto de la constante (Constant) y pendiente (Slope) no son significativos, los valores de P son 1.000 por lo que estadísticamente son cero los coeficientes, por el valor de P que es 1.000 se asegura con los datos que no hay sesgo y no hay problema de linealidad, esto demuestra que se tiene un sistema de medición aceptable. Si el estudio es aceptable, se le coloca una etiqueta de calibración con el número de identificación, la fecha que se calibro el equipo y la fecha de la próxima calibración, cada equipo de medición es calibrado anualmente, ver figura 11.

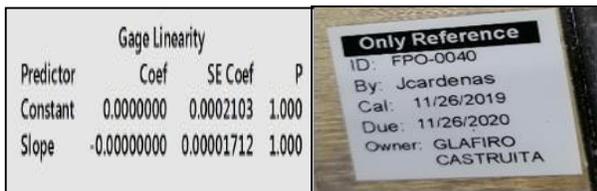


Figura 11. Izquierda: Resultados de Estudio de Linealidad. Derecha: Etiqueta de Calibración.

3. Análisis.

La fase análisis consistió en buscar a través de una lluvia de ideas y el conocimiento en el proceso posibles factores que pudieran estar afectando el en el defecto de falla de reversa. El objetivo fue determinar los principales factores del proceso en los que hay que tener un mayor enfoque para posteriormente determinar las condiciones más adecuadas para la operación de dicho proceso.

3.1 Determinación de las Causas Potenciales.

Para la determinación de las causas potenciales, se realizó el diagrama de causa y efecto para las posibles causas que pudiera afectar en el defecto de falla de reversa, ver figura 12.

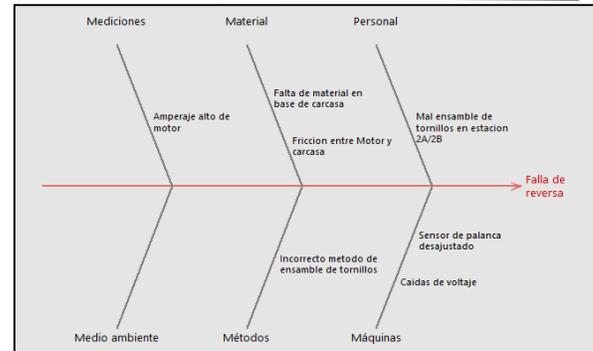


Figura 12. Diagrama de Causa y Efecto.

3.2 Selección de las Principales Causas.

Las causas consideradas como importantes fueron: a) Falta de material en base de carcasa, b) Caídas de voltaje y c) Sensor de palanca desajustado.

- Falta de material en base de carcasa: Se revisaron las piezas defectuosas de falla de reversa y se encontró que en la base de la carcasa donde ensambla el motor y se atornilla, presenta un hueco que no debería existir y esto ocasiona fricción entre el motor y la carcasa, por lo que también genera amperaje alto de motor, estos defectos son mencionados en el diagrama de causa y efecto, estos defectos van de la mano ya que cada uno es generado por el otro.
- Caídas de voltaje: En la probadora final de línea se revisan los voltajes de cerrado y apertura, el voltaje de cerrado debe estar en los 12 volts y el voltaje de apertura debe estar en los 6 volts. Al revisar en el programa de la probadora final se encuentra seteado en esos voltajes de cerrado y apertura, se verifico con un multímetro los voltajes en las salidas del controlador lógico programable (PLC) y se encontró que cumple con los voltajes, se revisó también el voltaje que llega desde el controlador hasta los conectores que se ensamblan en la cerradura para realizar la prueba funcional, se encontró caída de voltaje de 5.67 volts en la apertura de la cerradura y hace que la palanca se mueva lenta y exceda el tiempo de los 3.0 segundos de la falla de reversa.
- Sensor de palanca desajustado: en la fixtura donde se coloca la cerradura en la prueba funcional, existe un sensor que sirve para detectar el remache que este ensamblado en la palanca. Se encontró que este sensor se encontraba desajustado y la palanca estaba topando, esto género que la palanca excediera en tiempo de regreso y generaba el defecto de falla de reversa.

4. Mejora.

Una vez que fueron identificados los factores que afectan de manera significativa la variable de respuesta que se está analizando, el siguiente paso fue determinar las posibles soluciones, implementarlas y demostrar por medio de una corrida más grande que las mejoras implementadas redujeron el defecto de falla de reversa.

4.1 Generación de Posibles Soluciones para KPIV's.

De acuerdo al análisis del diagrama de causa y efecto realizado durante la investigación, fue necesario generar soluciones para las variables encontradas como significativas.

- a) Amperaje alto de motor: El amperaje alto es generado por mala alineación entre el motor y el buje, la mala alineación genera fricción entre estos componentes y hace que se incremente el amperaje y el motor gire lento. En la carcasa se ensambla un buje y en esta parte es donde entra la punta del motor, en la base de la carcasa es donde descansa el motor y donde son colocados los tornillos, ver figura 13.

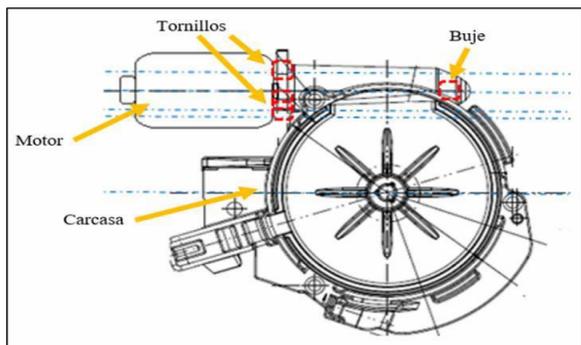


Figura 13. Subensamblado de Motor.

Debido a la falta de material e imperfecciones en la base del motor, ver se notificó al proveedor de la carcasa del motor sobre la deficiencia encontrada, el proveedor notifico que la mejora a realizar sería agregar material en las áreas notorias de la base de cada una de las cavidades, el molde de producción sería modificado para la implementación de la mejora, después de la modificación en el molde se recibieron las piezas modificadas donde se puede apreciar el cambio notorio de la carcasa, ver figura 14.

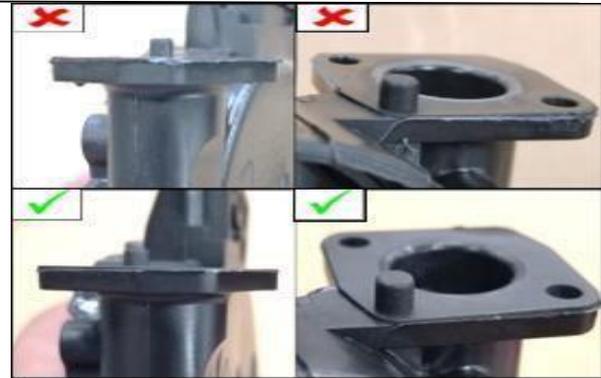


Figura 14. Superior: Carcasa Dañada. Inferior: Base de Carcasa Mejorada.

En la estación# 2 para verificar que el motor cumpla con el amperaje correcto, el amperaje del motor no debe de exceder los 0.8 amperes, por lo que se agregó la detección en el programa de la máquina para que el operador verifique la razón del rechazo del subensamblado, ver figura 15.



Figura 15. Izquierda: Motor con Corriente Aceptable. Derecha: Motor con Corriente Alta.

También en la fixtura donde se coloca el motor y la carcasa para atornillado se agregó un conector y una fuente de poder para aplicar corriente al motor y reducir la fricción de los componentes al momento de atornillar, ver figura 16.



Figura 16. Fixtura para Atornillado.

Después de que se agregaron las mejoras para monitorear y reducir el amperaje del motor, se revisó el método de ensamble de los tornillos, la carcasa y el motor llevan dos tornillos ensamblados, se encontró que existe diferencia en la secuencia de ensamble de los tornillos ya que se mantiene el amperaje correcto si se ensambla primero el tornillo de enfrente y luego el de la parte de atrás, pero si se ensambla en diferente orden el amperaje se incrementa y la pieza es rechazada por la máquina, el método de ensamble quedo registrado en la hoja de elemento de trabajo para entrenamiento del operador, ver figura 17.

SEQ	--PASO (Qué)--	SIM	--PUNTO CLAVE (Cómo)--	CC	--RAZÓN (Por qué)--
1	Tome el subensamblable de la estación 1 colóquelo sobre la fitura	●	Coloque el subensamblable con el motor hacia abajo y hacia el lado derecho como se muestra en la foto.	N/A	Correcta colocación del subensamblable en la fitura.
2	Presione los optos para iniciar ciclo.	●	Presiona los optos para asegurar el housing y el motor en la fitura y ciclar el motor.	N/A	Aseguramiento de la pieza en la fitura.
3	Ensamble los tornillos en el housing y motor.	▲	Sujete un tornillo, colóquelo en la punta del atornillador y bájalo hacia el primer orificio que nos queda de frente tal como se muestra en la foto 1, después tome el desarmador y atornille, repita el mismo proceso que el primer tornillo.	OC ●	OC *Característica especial de calidad (OC): *Torque correcto en tornillos y housing. *Ensamble correcto de tornillos.

Figura 17. Hoja de Elemento de Trabajo.

En la estación# 3 se agregó la misma detección de amperaje en el subensamblable del motor en el programa de la máquina, ver figura 18, ya que en esta estación se realiza la prueba funcional al subensamblable, al momento de colocar los componentes restantes la pieza empieza a tener más carga y el amperaje incrementa.

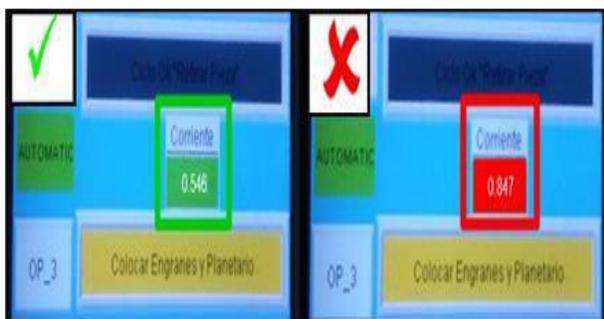


Figura 18. Izquierda: Motor con Corriente Aceptable. Derecha: Motor con Corriente Alta.

- b) Prueba funcional final: Para controlar las caídas de voltaje en la probadora final, se amplió la especificación de 6.0-6.2 volts en el programa de la máquina para compensar el voltaje que llega al conector de la máquina, ver figura 19.

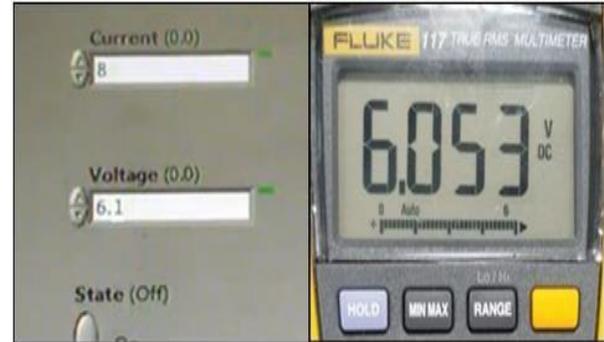


Figura 19. Izquierda: Programa de Maquinaria. Derecha: Voltaje Correcto en Conector.

Para el sensor de presencia que estaba fuera de posición se ajustó a la altura adecuada para no afectar en el movimiento de la palanca, ver figura 20.

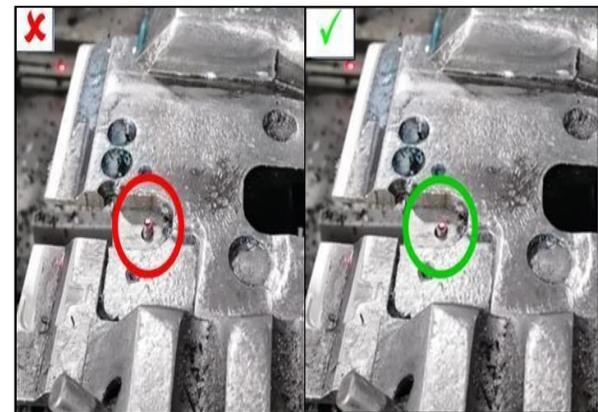


Figura 20. Izquierda: Sensor Fuera de Posición. Derecha: Sensor Ajustado.

4.2 Evaluación del Impacto de la Mejora.

Para evaluar el impacto de las mejoras realizadas en el proceso y en la carcasa del motor, se realizó en Minitab la prueba de hipótesis de 2 poblaciones para verificar si existe diferencia entre el antes y después de las mejoras realizadas. Para realizar la prueba se tomaron 15 datos de antes y después de piezas de fallas de reversa diarias, ver tabla 1.

Tabla 1. Datos de Antes y Después de Mejoras Implementadas

Muestras	Cantidad de piezas antes de implementación de mejoras	Cantidad de piezas después de implementación de mejoras
1	91	15
2	126	4
3	329	29
4	243	25
5	198	16
6	85	28
7	126	11
8	174	0
9	92	4
10	317	4
11	92	2
12	185	1
13	118	26
14	101	14
15	96	10
Media	158.2	12.6
Desv. Est	81.76	10.33

Se realizó la prueba en Minitab con los datos obtenidos, el resultado obtenido es que existe diferencia estadística entre el antes y después de las mejoras implementadas, el valor de $P=0.000$ es menor a $\alpha=0.05$ lo que significa que las poblaciones no son iguales, por lo tanto, la hipótesis se rechaza, ver figura 21. La grafica de caja demuestra gráficamente la distribución de los datos y que existe diferencia estadística entre el antes y después, también demuestra que existe asimetría hacia la izquierda entre los datos de ambas gráficas, ver figura 22.

T test for two simples: Before, After				
Method				
μ_1 : Mean before				
μ_2 : Mean After				
Difference: $\mu_1 - \mu_2$				
Descriptive Statistics				Mean
	N	Mean	Std. Dev.	Error
Before	15	158.2	81.8	21.0
After	15	12.6	10.3	2.7
Estimation of Difference				
Difference				95% CI for difference
145.6				(100.0, 191.2)
Test				
$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$				
$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$				
T Value	D.F.	p Value		
6.84	14	0.000		

Figura 21. Resultado de Minitab.

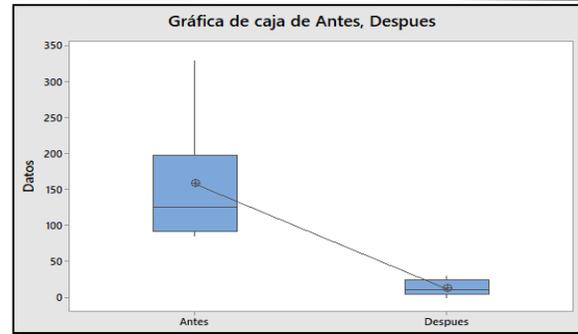


Figura 22. Grafica de Caja.

Al comparar la cantidad de rechazos después de la implementación de las mejoras en febrero 2020 hasta la fecha reciente de noviembre 2020, se muestra en el Pareto de los defectos la disminución del defecto de falla de reversa con 651 piezas generadas, lo que representa el 11.2% de los defectos de las líneas de cerraduras, ver figura 23.

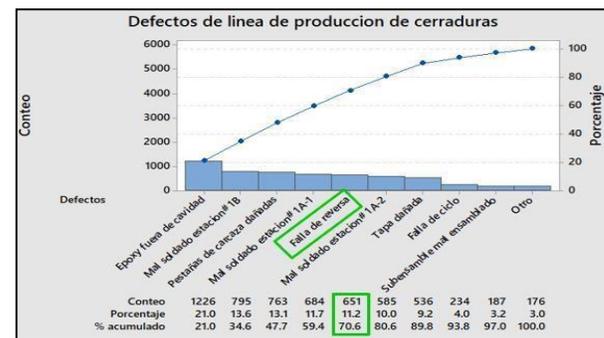


Figura 23. Pareto de Defectos.

Se comparo la cantidad de piezas defectuosas y porcentaje del defecto de falla de reversa del 2019 con el resultado después de la implementación de las mejoras, en el año 2019 se generaron 6,298 piezas defectuosas que represento el 43.6% de los defectos, ver figura 24. después de la implementación de las mejoras en el 2020, la cantidad de defectos disminuyo a 651 piezas defectuosas y que represento el 11.2%, ver figura 25, teniendo como resultado final la disminución del 32.4% del defecto de falla de reversa, dejando de ocupar el primer lugar del defecto más generado en la línea de producción de cerraduras.

Conteo	6298
Porcentaje	43.6
% acumulado	43.6

Figura 24. Cantidad y Porcentaje de Defectos del 2019

Conteo	651
Porcentaje	11.2
% acumulado	70.6

Figura 27. Cantidad y Porcentaje de Defectos del 2020

comprobó que se puede disminuir el defecto de falla de reversa en un 30%.

Durante la fase de mejora se comprobó la reducción del defecto de falla de reversa y que existe diferencia entre el antes y después de la implementación de las mejoras. Antes de la implementación de las mejoras se tenía 6,298 piezas defectuosas que represento el 43.6% de los defectos en el 2019, después de las mejoras implementadas donde se atacó las causas potenciales que generan el defecto de falla de reversa, se logró disminuir la cantidad de piezas defectuosas a 651 piezas defectuosas y que represento el 11.2% en este año 2020, teniendo como resultado final la disminución del 32.4% del defecto de falla de reversa. Con los resultados obtenidos se puede concluir que se han cumplido los objetivos que llevaron a la realización de este proyecto. También se puede concluir que con la aplicación de los métodos y estrategias de mejora de Seis Sigma es posible tener un impacto positivo en la reducción de los defectos y la variación de los procesos.

CONCLUSIONES

Seis Sigma es una de las metodologías y estrategias de mejora más utilizada en los últimos tiempos, la cual está definida y fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico. Sin embargo, a pesar de ser considerada como una metodología rigurosa, no debe ser catalogada como rígida. Se recomienda que las organizaciones apliquen las técnicas y herramientas de acuerdo a sus necesidades, objetivos, estructura organizacional y cultura. Las herramientas y técnicas deberán ser utilizadas en función de un problema, pero no de manera inversa.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Adams, C. W.; Gupta, P.; Wilson JR., C. E. (2003) Six Sigma deployment, Elsevier Science, Burlington USA.

[2] Arturo Ruiz-Falcó Rojas (2009). Introducción a Seis Sigma.

[3] Alexandre Bohigues Ortiz (2015). Desarrollo e implementación de un Modelo Seis Sigma para la mejora de la Calidad y de la productividad en Pymes industriales.

[4] Dale, B. G.; Wiele, T.; Iwardeen, J. (2007) Managing Quality, 5th Edition, Blackwell Publishing Ltd., Oxford.

[5] Deming, W. E. (1993) The new economic for industry, government, education, MIT Center for Advanced Engineering Studies, Cambridge, MA.

[6] Escalante, E. 2003, Seis-Sigma Metodología y Técnicas, Limusa Noriega Editores, México D.F.

[7] Garza-Reyes, J. A., Oraifige, L., Soriano-Meier, H., Harmanto, D. and Rocha-Lona, L. (2010). An empirical application of Six Sigma and DMAIC methodology for business process improvement.

[8] Gijo, E. V.; Scaria, J.; Antony, J. (2011) Application of Six Sigma methodology to reduce defects of a grinding process, Quality and Reliability Engineering International, [Online] (3 May 2016).

[9] Gutiérrez, H. D. (2013). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma.

[10] Hammer, M.; Goding, J. (2001) Putting Six Sigma in perspective, Quality, v. 40, n. 10, p. 58-63.

[11] Omachonu, V. K.; Ross, J. E. (2004) Principles of total quality, 3rd Edition, CRC Press LLC, Florida.

[12] Pearlstein, S. 2006, GE's Wealth of Free Advice.

[13] Pyzdek, T. (2003) The Six Sigma handbook: a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels, McGraw-Hill Companies Inc., New York, NY.

[14] Stamatis, D. H. (2004) Six Sigma fundamentals: a complete guide to the system, methods and tools, Productivity Press, New York.

[15] Vilela, E. (2018). Implementación de la Metodología DMAIC para mejorar la productividad de productos de Embalaje en la Empresa Sivein A. C. Lima. Lima Perú.

ROL DE CONTRIBUCIÓN

ROL DE CONTRIBUCIÓN	AUTORES
Administración del Proyecto – Conceptualización (1) - Recursos	Jesús Fernando Cortez Merjil
Conceptualización (2) - Supervisión	Adán Valles Chávez
Conceptualización (3)	Mirella Parada González
Conceptualización (4)	Humberto García Castellanos
Conceptualización (5)	Rosa María Reyes Martínez



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.