

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. JUÁREZ**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



**APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAIC DE SEIS SIGMA PARA LA  
REDUCCION DE DEFECTOS DE CERRADURAS AUTOMOTRICES**

**TESIS**  
**QUE PRESENTA**

**JESÚS FERNANDO CORTEZ MERJIL**

**COMO REQUISITO PARCIAL**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE**  
**MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CD. JUÁREZ, CHIH.**

**DICIEMBRE 2021**

Ciudad Juárez, Chihuahua, **14/octubre/2021**

Oficio N°: D.E.P.I/026


Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

**C. JESÚS FERNANDO CORTEZ MERJIL  
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO EN  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
P R E S E N T E.**

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de Tesis titulado **"APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC DE SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS DE CERRADURAS AUTOMOTRICES"** ha informado a esta División de Estudios de Posgrado e Investigación, que está de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior se le autoriza se proceda con la **impresión definitiva de su trabajo de Tesis**.

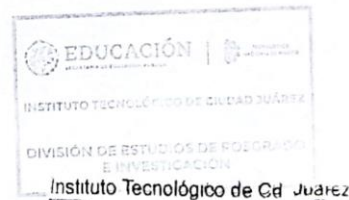
Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
*Excelencia en Educación Tecnológica*

  
**C. EDUARDO RAFAEL POBLANO OJINAGA  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

C.c.p. Departamento de Servicios escolares  
División de Estudios Profesionales

ERPO/dmsp



**RECIBIDO**  
02 DIC. 2021  
**COORDINACIÓN  
DE TITULACIÓN**



Av. Tecnológico #1340 Fracc. El Grucero C.P.32340  
Ciudad Juárez, Chihuahua. Tel. 01 (656) 688-2500  
e-mail: comunicacion\_y\_difusion@cdjuarez.tecnm.mx  
tecnm.mx | cdjuarez.tecnm.mx





**EDUARDO RAFAEL POBLANO OJINAGA  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
P R E S E N T E.**

Por medio de la presente se hace constar que la Tesis determinada "**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC DE SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE DEFECTOS DE CERRADURAS AUTOMOTRICES**", presentado por el(la) alumno(a) **C. JESÚS FERNANDO CORTEZ MERJIL** con número de control **M06110612**, para obtener el grado de Maestro en el programa de Maestría en Ingeniería Industrial, ha sido revisada y aprobada en su forma y contenido por los suscritos, por lo que no existe ningún inconveniente para la impresión de la misma.

Se extiende la presente, constancia a petición de él(la) interesado(a) y para los fines legales que a él(ella) convengan, en Ciudad Juárez, Chihuahua, a los cinco días del mes de octubre del año dos mil veintiuno.

**ATENTAMENTE**

*"Excelencia en Educación Tecnológica"*

**ADÁN VALLES CHÁVEZ  
DIRECTOR**

**HUMBERTO GARCÍA CASTELLANOS  
CO-DIRECTOR**

**MIRELLA PARADA GONZÁLEZ  
REVISORA**

**ROSA MARÍA REYES MARTÍNEZ  
REVISORA**

C.c.p. División de Estudios de Posgrado e Investigación  
Alumno(a)



Av. Tecnológico #1340 Fracc. El Crucero C.P.32340  
Ciudad Juárez, Chihuahua. Tel. 01 (656) 688-2500  
e-mail: comunicacion\_y\_difusion@cdjuarez.tecnm.mx  
tecnm.mx | cdjuarez.tecnm.mx





Instituto Tecnológico  
de Ciudad Juárez  
División de Estudios de Posgrado e Investigación



CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Juárez, Chihuahua; siendo el día 26 del mes de Noviembre del año 2021, el (la) que suscribe C. Jesús Fernando Cortez Merjil alumno(a) del Programa de Maestría en Ingeniería Industrial, con número de control M06110612, adscrito(a) a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, manifiesto(a) que es el (la) autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del (de la, de los) Dr. Adán Valles Chávez y cede los derechos del trabajo titulado Reducción del Defecto de Falla de Reversa en la línea de Producción del Área de Cerraduras Aplicando la Metodología DMAIC de Seis Sigma, al Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del (de la) autor(a) y/o director(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones femerjil14@gmail.com y avalles@itcj.edu.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Jesus Fernando Cortez Merjil  
Nombre y firma del alumno(a)

## **DEDICATORIA**

Dedico de manera especial y con todo mi corazón esta tesis a mis padres Enedina y Jesús, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Gracias por su todo su apoyo, los consejos, la comprensión, su amor y su ayuda en los momentos difíciles, que me permitieron concluir con uno más de mis proyectos. Me han dado todo lo que soy como persona, mis principios, mis valores, mi carácter, mi perseverancia, mi empeño y mi coraje para lograr mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradezco a Dios por darme fuerzas para seguir adelante, por guiarme por el buen camino y por dejarme alcanzar mis metas.

A mi familia por siempre apoyarme en los momentos difíciles, por motivarme a continuar y finalizar cada una de mis metas profesionales.

Agradezco también a mi director de tesis el Dr. Adán Valles, por su confianza, por guiarme y brindarme su apoyo en todo momento. También quiero agradecerle por haberme brindado su conocimiento, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante el desarrollo de la presente tesis.

A mis maestros por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus conocimientos.

A mis amigos por su compañía y por todo lo que me han aportado personal y profesionalmente.

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene como finalidad reducir el defecto de falla de reversa utilizando la metodología DMAIC de Seis Sigma en un proceso de manufactura automotriz de cerraduras de cajuela de los vehículos. El defecto de falla de reversa es generado por el tiempo excedido de regreso del motor y la palanca, el tiempo de regreso debe durar menos de 3.0 segundos donde el motor mueve a su posición inicial a la palanca, si se excede este tiempo es por el movimiento lento de la palanca, a nivel vehículo la cerradura tardaría en abrir la cajuela.

La metodología Seis Sigma busca encontrar y eliminar la causa de los errores, defectos y retrasos en los procesos, enfocándose en aquellos que son importantes para el cliente. Está fundamentada en el uso de herramientas y métodos estadísticos. Sin embargo, su implementación requiere un balance entre los elementos técnicos necesarios para mejorar la productividad de los procesos y los elementos culturales que permitirán su aplicación.

Este proyecto se desarrolló bajo la metodología de cinco etapas de Seis Sigma: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. En la primera etapa se define el problema y características críticas para el cliente; en la segunda se verifica el sistema de medición y se determina la situación actual; en la tercera se identifican las causas raíz, cómo se genera el problema y se confirman las causas a través de datos; en la cuarta etapa se proponen e implementan soluciones asegurándose que se logran los objetivos; y en la quinta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras obtenidas.

Con la implementación de esta metodología fue posible determinar los factores principales que influyen en la reducción del defecto de falla de reversa, se determinaron

los niveles o tolerancias óptimas y se identificaron oportunidades en los mantenimientos preventivos de los equipos.

Los factores que se encontraron importantes por medio de un diagrama de causa y efecto fueron: falta de material en base de carcasa, caídas de voltaje y sensor de palanca desajustado. Logrando una reducción del defecto de falla de reversa del 30%. Con el fin de lograr mantener los parámetros dentro de los límites establecidos fue necesario modificar el plan de mantenimiento de verificación diaria del equipo que verifica el amperaje y caídas de voltaje.

Los resultados obtenidos indican que, con una adecuada aplicación de esta metodología y el soporte del equipo y personal de la organización, es posible obtener un impacto positivo en la calidad y otras características críticas para la satisfacción del cliente.



## CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	XII
LISTA DE FIGURAS .....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	6
2.1. Antecedentes del Problema.....	6
2.2. Definición del Problema .....	7
2.3. Preguntas de Investigación .....	8
2.4. Hipótesis .....	8
2.5. Objetivo.....	9
2.5.1. Objetivo General.....	9
2.5.2. Objetivos Específicos.....	9
2.6. Justificación .....	9
2.7. Variables .....	11
3. MARCO TEÓRICO .....	12
3.1. Seis Sigma.....	12
3.1.1. Definición de Seis Sigma.....	13
3.1.2. Principios de Seis Sigma.....	15
3.1.3. Métrica Seis Sigma .....	17
3.1.3.1. DPU (Defectos por Unidad) .....	18
3.1.3.2. DPO (Defectos por Oportunidad).....	18
3.1.3.3. DPO (Defectos por Oportunidad).....	19
3.2. Metodología DMAIC.....	19
3.3. Kaizen (Mejora Continua) .....	21
3.3.1. Modelo Estructural Integrado de Mejora Continua .....	23
3.3.2. Etapas de Desarrollo de la Estructura Piramidal.....	24
3.3.3. Estado de Falla de la Etapa y los Niveles de Mejora .....	27
3.4. Manufactura Esbelta .....	30

3.5.	Producción Esbelta.....	38
3.5.1.	Evaluar Cambios hacia Producción Esbelta .....	40
3.5.2.	Eliminación de Desperdicio .....	40
3.5.3.	Mejora Continua (Kaizen) .....	41
3.5.4.	Cero Defectos.....	42
3.5.5.	Justo a Tiempo (Just in time) .....	43
3.5.6.	Jalar en Lugar de Empujar .....	43
3.5.7.	Equipos Multifuncionales .....	44
3.5.8.	Responsabilidades Descentralizadas.....	45
3.5.9.	Funciones Integradas .....	46
3.5.10.	Sistemas de Información Vertical .....	47
4.	METODOLOGÍA .....	49
4.1.	Definir .....	49
4.1.1.	Descripción General del Problema .....	49
4.1.2.	Selección de las Características de Salida .....	49
4.1.3.	Selección de las Características de Salida .....	50
4.1.4.	Alcance del Proyecto .....	50
4.1.5.	Gráfico de Gantt.....	50
4.2.	Medir.....	51
4.2.1.	Evaluación del Sistema de Medición.....	51
4.3.	Análisis .....	51
4.3.1.	Determinación de las Causas Potenciales .....	52
4.3.2.	Selección de las Principales Causas.....	52
4.4.	Mejorar.....	52
4.4.1.	Implementación de las Soluciones.....	53
4.4.2.	Evaluación del Impacto de la Mejora .....	53
4.5.	Control .....	53
4.5.1.	Determinación de los Controles para las KPIV's .....	54
4.5.2.	Actualización de AMEF y Plan de Control .....	54

5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	55
5.1.	Definición .....	55
5.1.1.	Descripción General del Problema .....	55
5.1.2.	Selección de las Características de Salida .....	57
5.1.3.	Especificación de la Variable de Respuesta.....	57
5.1.4.	Alcance del Proyecto .....	58
5.1.5.	Gráfico de Gantt.....	58
5.2.	Medir.....	59
5.2.1.	Evaluación del Sistema de Medición.....	59
5.3.	Análisis .....	61
5.3.1.	Determinación de las Causas Potenciales.....	61
5.3.2.	Selección de las Principales Causas.....	62
5.4.	Mejora.....	63
5.4.1.	Generación de Posibles Soluciones para KPIV's .....	63
5.4.2.	Evaluación del Impacto de las Mejoras .....	70
5.5.	Control .....	73
5.5.1.	Determinación de los Controles para las KPIV's .....	74
5.5.2.	Actualización de AMEF y Plan de Control .....	77
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	80
6.1.	Conclusiones .....	80
6.2.	Recomendaciones .....	81
	REFERENCIAS.....	82
	GLOSARIO .....	85

## LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Estructuras de la Pirámide .....	26
Tabla 3.2 Estado de Falla, Características y Razones de Falla de las Etapas .....	27
Tabla 3.3 Habilidades y Características de los Cinco Niveles de Mejora .....	28
Tabla 3.4 Descripción de los Indicadores de Investigación.....	32
Tabla 3.5 Diseño de Investigación.....	34
Tabla 3.6 Indicadores de Producción Esbelta .....	40
Tabla 3.7 Desperdicios.....	41
Tabla 3.8 Medidas para Evaluación de Cambios.....	41
Tabla 3.9 Medidas Desarrolladas hacia Cero Defectos .....	42
Tabla 3.10 Cambios para Lograr el Justo a Tiempo .....	43
Tabla 3.11 Cambios para Lograr el Justo a Tiempo .....	44
Tabla 3.12 Cambios hacia Equipos Multifuncionales .....	45
Tabla 3.13 Cambios hacia las Responsabilidades Descentralizadas .....	46
Tabla 3.14 Cambios hacia Funciones Integradas.....	46
Tabla 3.15 Cambios hacia los Sistemas de Información Vertical .....	47
Tabla 5.1 Datos de Antes y Después de Mejoras Implementadas .....	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Cerradura de Cajuela .....	1
Figura 1.2 Línea de Producción de Cerraduras.....	2
Figura 1.3 Estación #2 Subensamble de Motor y Engranés .....	3
Figura 1.4 Estación #3 Prueba Funcional .....	3
Figura 1.5 Estación #13 Prueba Funcional en Probadora Final.....	4
Figura 2.1 Tiempo de Reversa Menor a los 3.0 Segundos .....	6
Figura 2.2 Tiempo de Reversa Excedido .....	7
Figura 2.3 Pareto de Defectos .....	10
Figura 3.1 Cálculo del Nivel Sigma.....	14
Figura 3.2 Proceso con Calidad Tres Sigma (Izquierda) a Seis Sigma (Derecha). .....	17
Figura 3.3 Fases de la Metodología DMAIC.....	19
Figura 3.4 Pirámide del Sistema Abierto.....	22
Figura 3.5 Principales Herramientas de Manufactura Esbelta.....	33
Figura 3.6 Beneficios de la Implementación Manufactura Esbelta. Fuente: Hernández y Vizán (2013). .....	35
Figura 3.7 Motivos para Implementar Manufactura Esbelta. Fuente: Tejeda (2011).....	35
Figura 3.8 Retos de la Implementación de Manufactura Esbelta .....	36
Figura 3.9 Razones para no Implementar Manufactura Esbelta en un Negocio.....	36
Figura 3.10 Creación de Valor.....	37
Figura 3.11 Actividades que Agregan Valor al Producto según Melton (2005) .....	37
Figura 3.12 Conceptualización de la Producción Esbelta.....	39
Figura 4.1 Gráfica de Gantt .....	50
Figura 5.1 Distribución de Defectos .....	56
Figura 5.2 Función de Componentes .....	56
Figura 5.3 Diagrama de Flujo del Proceso.....	58
Figura 5.4 Gráfico de Gantt .....	59
Figura 5.5 Estudio de Linealidad y Sesgo .....	60
Figura 5.6 Resultados de Estudio de Linealidad y Sesgo .....	60
Figura 5.7 Etiqueta de Calibración .....	61
Figura 5.8 Diagrama de Causa y Efecto .....	62
Figura 5.9 Subensamble de Motor .....	64
Figura 5.10 Carcasa de Motor.....	65
Figura 5.11 Base de Carcasa Mejorada.....	65
Figura 5.12 Izquierda: Motor con Corriente Aceptable. Derecha: Corriente de Motor Alta. .....	66
Figura 5.13 Fixtura para Atornillado .....	66

Figura 5.14 Hoja de elemento de trabajo .....	67
Figura 5.15 Izquierda: Motor con Corriente Aceptable. Derecha: Corriente de Motor Alta. .....	68
Figura 5.16 Programa de Maquinaria .....	68
Figura 5.17 Prueba de Conector con Multímetro, Voltaje Correcto en Conector .....	69
Figura 5.18 Izquierda: Sensor Fuera de Posición. Derecha: Sensor Ajustado.....	69
Figura 5.19 Resultado de Minitab.....	71
Figura 5.20 Gráfica de Caja .....	72
Figura 5.21 Pareto de Defectos .....	72
Figura 5.22 Cantidad y Porcentaje de Defectos del 2019.....	73
Figura 5.23 Cantidad y Porcentaje de Defectos del 2020.....	73
Figura 5.24 Fixtura de Ciclado .....	74
Figura 5.25 Fuente de Poder .....	74
Figura 5.26 Lista de Revisión de Mantenimiento de Estación #2 .....	75
Figura 5.27 Lista de Revisión de Mantenimiento de Estación #3 .....	76
Figura 5.28 Lista de Revisión de Mantenimiento de Estación #13 .....	76
Figura 5.29 AMEF de Estación #2 .....	77
Figura 5.30 AMEF de Estación #3 .....	77
Figura 5.31 AMEF de Estación #13 .....	78
Figura 5.32 Plan de Control de Estación #2 .....	78
Figura 5.33 Plan de Control de Estación #3 .....	79
Figura 5.34 Plan de Control de Estación #13 .....	79

## 1. 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, La figura 1.1 muestra la cerradura manufacturada por la empresa.

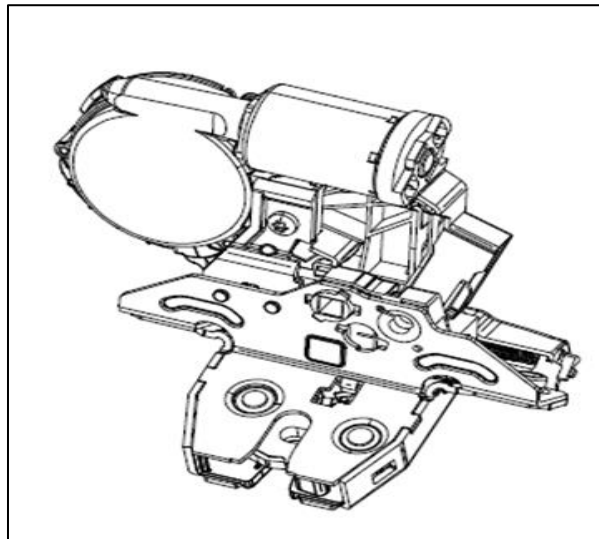


Figura 1.1 Cerradura de Cajuela

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.

La línea de producción de la cerradura está conformada por maquinaria donde se realiza soldadura bajo resistencia para soldar switches, máquinas de resina de terminales, máquinas de remachado, atornilladores y probadoras funcionales de producto final, al final de la línea se cuenta con el área de inspección y empaque donde se libera el material para poder ser enviado al cliente, la figura 1.2 muestra como está distribuida la línea de producción de cerraduras.

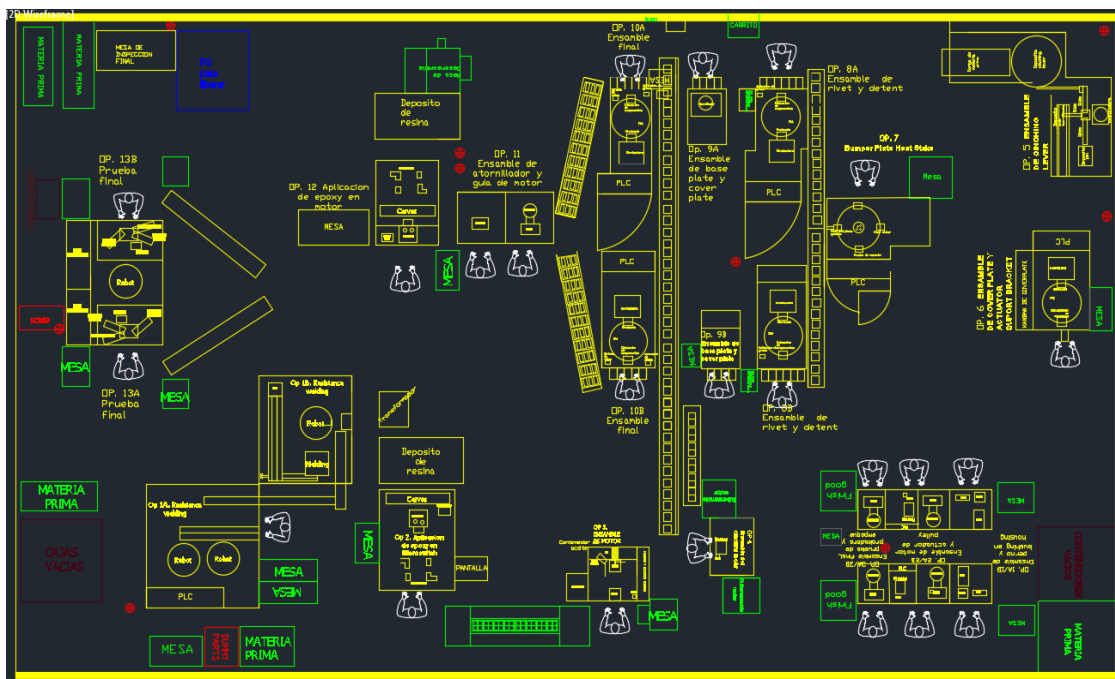


Figura 1.2 Línea de Producción de Cerraduras

El enfoque de este proyecto fue sobre la estación #2 de subensamble de motor y engranes, la estación #3 de prueba final y la estación #13 probadora final del proceso, durante el análisis de causa raíz en el capítulo 5.3 de Análisis, se detectaron estas estaciones como contribuyentes al defecto de falla de reversa. 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, la figura 1.3 muestra la estación del subensamble de motor.





Figura 1.3 Estación #2 Subensamble de Motor y Engranes

La estación #3 de prueba final se encarga de probar el motor, se ensamblan los componentes restantes como cable y tapa, la figura 1.4 muestra la estación de la prueba funcional.



Figura 1.4 Estación #3 Prueba Funcional

La estación #13 es una probadora utilizada para verificar tiempos de cinchado, cambio de estado de switches, 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. 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%. La figura 1.5 muestra la estación donde se realiza la prueba funcional de la cerradura. Sin embargo, en el año 2016 el defecto de falla de reversa represento alrededor del 44% del total de los defectos. Por lo cual, se considera indispensable conocer cuál es el principal problema, causa y acciones para reducir el nivel del defecto.

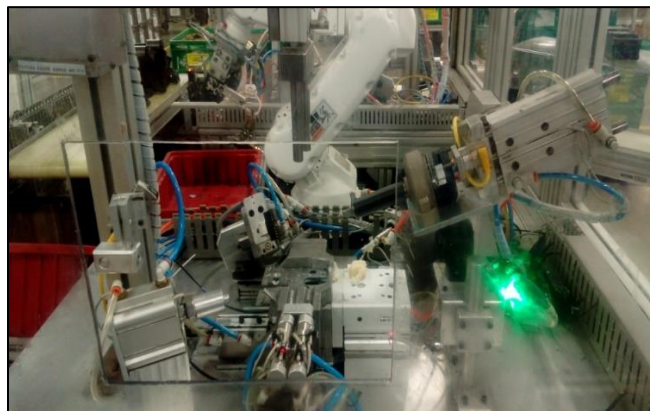


Figura 1.5 Estación #13 Prueba Funcional en Probadora Final

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.

Esta línea llega a presentar 300 a 400 piezas de desperdicio a la semana, lo que la hace como la línea de producción que más genera desperdicio.

Seis Sigma es una herramienta de control y disminución de las variaciones del proceso, la representación estadística de Seis Sigma describe cuantitativamente cómo un proceso se está realizando. Para alcanzar el estándar Seis Sigma, el proceso no debe producir más de 3.4 defectos por millón de eventos. Los defectos pueden medirse por partes por millón (PPM's), PPM's es la cantidad de unidades que hay por cada millón de unidades. Dentro de Seis Sigma existe una metodología secundaria llamada DMAIC que está desarrollada por cinco pasos: Definir, Medir, Analizar, Controlar y Mejorar (Define, Measure, Analyze, Improve y Control).

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. Antecedentes del Problema

El defecto de falla de reversa es generado por el tiempo excedido de regreso del motor y la palanca, el tiempo de regreso debe durar menos de 3.0 segundos donde el motor mueve a su posición inicial a la palanca, si se excede este tiempo es por el movimiento lento de la palanca, a nivel vehículo la cerradura tardaría en abrir la cajuela, para detectar este defecto la pieza es probada con una probadora al final de la línea de producción, a la figura 2.1 muestra la pantalla de la probadora final donde se detecta el tiempo de reversa de una pieza que cumple con el tiempo y la figura 2.2 muestra una pieza donde excede el tiempo de reversa.

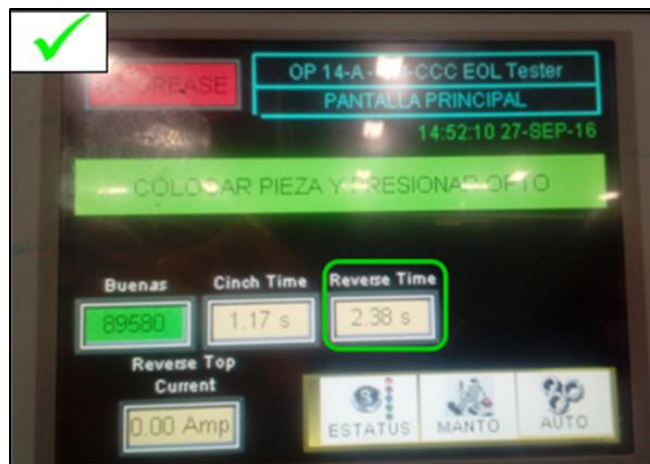


Figura 2.1 Tiempo de Reversa Menor a los 3.0 Segundos



Figura 2.2 Tiempo de Reversa Excedido

## 2.2. Definición del Problema

Existe un alto porcentaje de defectos en la línea de producción de cerraduras, el defecto más alto es el de falla de reversa y en comparación con los otros defectos, este defecto representa el 44% de los defectos en la línea de producción, como consecuencia el defecto de falla de reversa afecta en:

- Estándar de producción: las piezas rechazadas por el defecto de falla de reversa en la prueba funcional tienen que ciclarse nuevamente para reducir la fricción entre los componentes y pueda ser funcional la pieza, después de ciclarse se vuelven a pasar por la prueba funcional y se deja de producir piezas funcionales por volver a pasar las piezas rechazadas, por lo que afecta en el estándar de producción.
- Ajuste de maquinaria: en la prueba funcional se tienen caídas de voltaje que afectan en la prueba de la pieza, al extenderse la palanca se aplica un voltaje de 12 volts y al retraerse se aplica 6 volts, al verificar los voltajes en la pantalla y conector de la

probadora no concuerdan por lo que afecta en el tiempo de la falla de reversa en los 3.0 segundos.

- Segregación y sorteo de componentes: al presentarse el defecto de falla de reversa se inspecciona el componente que afecta directamente al defecto, este componente es la carcasa de la cerradura, se separa por cavidad y se realiza una corrida controlada para verificar que cavidad está afectando más y fechas de lotes, cuando se detecta la cavidad que afecta más al defecto esta se segrega.

### **2.3. Preguntas de Investigación**

¿Cuáles son las causas que provocan el defecto de falla de reversa?

¿Se puede reducir el defecto de falla de reversa en un 30% utilizando la metodología DMAIC de Seis Sigma?

### **2.4. Hipótesis**

H<sub>1</sub>: El desajuste de la maquinaria y la variabilidad de los componentes son los que generan el defecto de falla de reversa.

H<sub>2</sub>: Se espera reducir el 30% del defecto de falla de reversa utilizando la metodología DMAIC de Seis Sigma.

## **2.5. Objetivo**

### **2.5.1. Objetivo General**

Reducir el nivel del defecto de falla de reversa de las cerraduras en la línea de producción en un 30 % aplicando la metodología DMAIC de Seis Sigma.

### **2.5.2. Objetivos Específicos**

- Definir: Describir el problema y determinar cuáles son los niveles de desperdicio que se tienen actualmente.
- Medir: Verificar los sistemas de medición.
- Analizar: Identificar y verificar las causas principales de los desperdicios.
- Mejorar: Implementar y verificar acciones correctivas.
- Controlar: Implementar medidas de control

## **2.6. Justificación**

El defecto de falla de reversa es el defecto que genera más piezas rechazadas en la línea de producción de cerraduras representando el 44% de los defectos, la figura 2.3 muestra el Pareto de los desperdicios que se generan en la línea de producción de cerraduras.

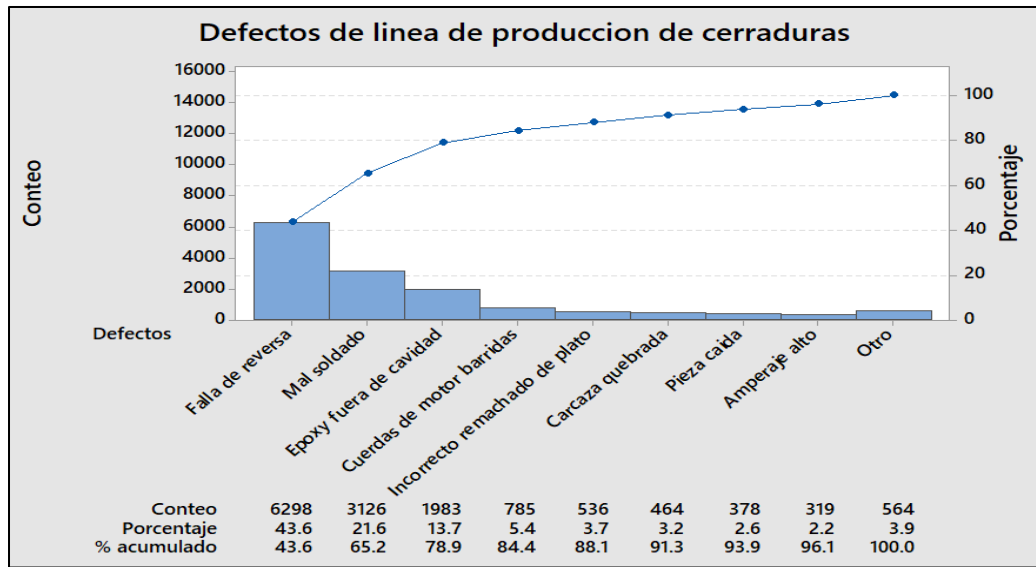


Figura 2.3 Pareto de Defectos

El defecto de falla de reversa genera desperdicio de dinero para la compañía de \$31,953 dólares al año, las cerraduras que presentan este defecto tienen que volver a ciclarse funcionalmente por segunda vez en otro proceso ciclado manual para recuperarlas y después se vuelven a introducir al proceso para verificar si es funcional la cerradura, esto genera afectación en el estándar de producción, ya que se dejan de pasar cerraduras buenas por piezas recuperadas por segunda vez, si la cerradura sigue excediendo el tiempo de los 3.0 segundos esa pieza se segrega y genera desperdicio de componentes. Cuando el defecto llega a presentarse constantemente se comienza con la revisión de la materia prima que se considera que puede afectar y generar el defecto, cambiando de componentes de diferentes lotes para verificar que material no afectara con paros a la línea de producción y controlar el defecto, si un lote de uno de los componentes se detecta malo se segrega y genera aún más pérdida de dinero a la compañía.

El tiempo muerto por maquinaria es afectado por desajustes que afectan a los componentes que generan el defecto de falla de reversa, el desajuste de torque de



atornillado donde ensambla el motor en la carcasa y desajuste en la prueba funcional cuando se tiene caídas de voltaje.

## 2.7. Variables

Se considera una pieza defectuosa cuando un componente es dañado en el proceso de ensamble, un componente que presenta defectos estéticos, golpes o fracturas y mediciones fuera de especificación después de un ensamble. El objetivo de la empresa se pretende cumplir con la calidad de los productos enviados al cliente, evitar aumentos de costos y PPM's, todos los años la empresa se fija objetivos de reducción de desperdicio y obtener ahorro de costos. El desperdicio se mide por cantidad de defectos producidos y lo que representa en costos (dinero), puede medirse en partes por millón (PPM's).

Las variables que se pueden controlar en el proceso son:

- Método de ensamble: se puede seleccionar a los operadores adecuados para trabajar en la línea de producción y estaciones críticas, conforme al entrenamiento y trabajo diario los operadores son capaces de desarrollar la habilidad de encontrar otra forma de realizar los ensambles facilitando en tiempo de ciclo en la estación.
- Maquinaria: la maquinaria puede modificarse conforme a los requerimientos del producto, se pueden modificar fixturas y programas, se puede dar mantenimientos preventivos para evitar el desperdicio y paros de línea.
- Material / Proveedor: en el momento que un defecto se presenta en la línea de producción se puede retirar el material de la estación, seleccionar material de un lote diferente, evaluar si el defecto se sigue presentando en el lote nuevo, rechazar y reportar a proveedor el material defectuoso para que tome acciones en su proceso para evitar que este defecto vuelva a producirse.

### **3. MARCO TEÓRICO**

En esta parte se hará mención de los diversos aspectos teóricos y herramientas que sirvieron como referencia para este proyecto.

#### **3.1. Seis Sigma**

En 1988 Motorola ganó el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige, premio americano a la excelencia. Las fundamentales bases de su estrategia de calidad fueron “Seis Sigma”. Este Seis Sigma fue diseñado y dirigido por Bill Smith con el apoyo del CEO Bob Galvin (Rojas, 2009). El objetivo de Seis Sigma fue reducir la variación de los procesos hasta poder alcanzar una fracción defectuosa media de 3.4 ppm (partes por millón). Bill murió en 1993 en pleno éxito de Seis Sigma.

La reducción de la variabilidad fue conseguida implementando métodos estadísticos (diseño de experimentos, ANOVA, gráficos de control, etc.) y también implementaron otras herramientas no estadísticas (AMEF, QFD, 7 M's) combinando con técnicas de gestión de procesos.

Seis Sigma se extendió con éxito hacia otras empresas grandes gracias a Mikel Harry y Leonard Schroeder, empresas como Allied Signal, Polaroid y, sobre todo, a la compañía dirigida de Jack Welch de General Electric. Jack Welch se convirtió en el primer divulgador de los beneficios de Seis Sigma, hasta el punto de incluir en las memorias anuales algunos éxitos alcanzados por G.E. con Seis Sigma. El éxito de General Electric fue el mayor ejemplo de la implementación de Seis Sigma y a partir de ahí comenzó a implementarse por casi todas las grandes corporaciones norteamericanas. Las empresas que se limitaron a no seguir el programa Seis Sigma no alcanzaron los éxitos previstos,

mientras que aquellas que entendieron e implementaron las esencias de Seis Sigma, consiguieron mejorar en sus resultados de calidad y su posición competitiva (Rojas, 2009).

Una definición clara de Seis Sigma no existe con reconocimiento formal por parte de todos sus practicantes, Mikel Harry definió a Seis Sigma como “un proceso de negocio que permite mejorar a las empresas fuertemente su cuenta resultados mediante el diseño y seguimiento diario de las actividades de manera que se reduzca el desperdicio a la vez que se maximiza la satisfacción del cliente”. Esta definición está ligada al beneficio financiero de las empresas, con el medio para conseguirla (reducción del desperdicio y aumento de la satisfacción del cliente).

### **3.1.1. Definición de Seis Sigma**

La denominación Seis Sigma proviene de la letra griega Sigma “ $\sigma$ ”, que es utilizada para la desviación estándar de una muestra. Seis Sigma define la variación de una muestra o conjunto de elementos, aunque todos los elementos que formen una muestra deben estar sujetos a las mismas condiciones (Bohigues, 2015).

Bohigues (2015) explica que en cualquier proceso se puede encontrar una distribución de los resultados que correspondería a la forma de una campana, esta forma es llamada campana de Gauss. La figura 3.1 muestra los límites inferiores y superiores donde se delimitan las zonas en que un objeto o cosa cumple las especificaciones requeridas, por lo que todo aquello que quede fuera de los límites se le llama defecto.

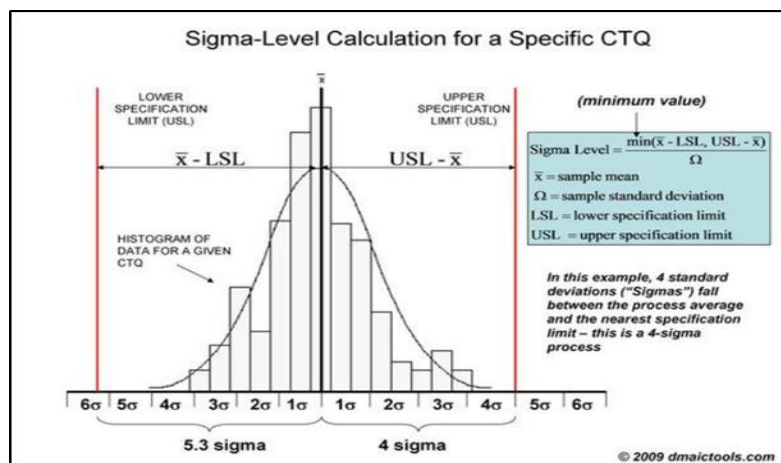


Figura 3.1 Cálculo del Nivel Sigma

Se determina en Seis Sigma como valor objetivo de  $6\sigma$  a  $3.4$  errores por millón de oportunidades, es decir que el área que queda entre los límites de aceptación va desde  $-3\sigma$  a  $3\sigma$  supone el 99.9997% sin defectos.

Una vez que se define la nomenclatura cabe aclarar que Seis Sigma no es solo estadística ni números o gráficos. Se trata de un nuevo tipo de pensamiento que inevitablemente se apoyará en la estadística para su desarrollo, pero más importante aún será entender su filosofía.

Seis Sigma se ha definido de muchas maneras y por diversos autores durante los años, aquí muestran algunas de las interpretaciones más importantes:

“Seis Sigma es un sistema flexible y complejo para conseguir, mantener y maximizar el éxito en los negocios. Seis Sigma funciona gracias a una comprensión total de las necesidades que el cliente desea, del uso disciplinado del análisis de los datos y

hechos, y de la atención constante a la mejora, gestión y reinversión de los procesos de las empresas”. (Pande,2002).

“Seis Sigma se enfoca hacia la calidad orientándose a resultados y enfocado a proyectos. Es una forma de establecer y medir metas para la reducción de los defectos en los productos o servicios, que están relacionados directamente con los requerimientos de los clientes”. (Jay,2003).

“Seis Sigma como herramienta estadística, es una metodología basada en el método científico para lograr reducciones significativas en los límites de los defectos definidos por el cliente, en un esfuerzo de eliminar los defectos de cada uno de los productos, procesos y servicios”. (Linderman, Shroeder, Zaheer, &Choo,2003).

En definitiva, Seis Sigma es una metodología de mejora en la calidad de los productos que se incluye desde la satisfacción de los clientes a la minimización de los costos, la rentabilidad y la eficiencia de los recursos utilizados, y todo ello con la ayuda de las herramientas estadísticas hasta llegar a la fabricación sin defectos y/o errores.

### **3.1.2. Principios de Seis Sigma**

Pande (2000) menciona que Seis Sigma se basa en principios claros que ayudan a las empresas a ver lo que esperan mediante este sistema, a continuación, se presentan en seis principios importantes:

- Principio uno: orientación al cliente: la orientación al cliente es la prioridad número uno. Por ejemplo, las medidas del rendimiento de Seis Sigma empiezan con el

cliente. Las mejoras obtenidas de Seis Sigma están definidas por su impacto en la satisfacción del cliente y por su valor.

- Principio dos: gestión orientada a los datos y los hechos: Seis Sigma llevo el concepto de “dirección por hechos” a un nivel nuevo y más potente. A pesar de la atención en los últimos años a las medidas, la gestión del conocimiento, los sistemas mejorados de información, etc., no debe sorprender que muchas decisiones empresariales todavía se basan en opiniones y suposiciones.

- Principio tres: orientación a los procesos, gestión por los procesos y mejora de los procesos: En Seis Sigma, las acciones están en los procesos. Se trata del diseño de productos y servicios, medición del rendimiento, de mejorar la eficacia y las satisfacciones de los clientes y hacer que la empresa funcione.

- Principio cuatro: gestión proactiva: la gestión proactiva significa generar un hábito de prácticas empresariales que, muy seguido, son ignoradas: definir los objetivos ambiciosos y revisarlos frecuentemente; establecer prioridades de forma clara; centrarse en la prevención de los problemas en vez de en apagar fuegos; plantearse en por qué hacemos las cosas en vez de defenderlas ciegamente con un “las cosas siempre se han hecho así”.

- Principio cinco: colaboración sin fronteras: La colaboración sin fronteras no significa un sacrificio desinteresado, pero requiere la comprensión tanto de las necesidades reales de los usuarios finales, así como del flujo del trabajo en los procesos o en la cadena de suministro. Además, requiere una actitud que impulse a utilizar el conocimiento de los clientes y de los procesos para beneficiar a todas las partes.

- Principio Seis: búsqueda de la perfección; tolerancia a los errores: Las técnicas para la mejora del rendimiento comprende una dosis significativa de la gestión del riesgo. La idea principal es que cualquier empresa que implemente Seis Sigma su objetivo sea impulsarse constantemente para ser cada vez más perfecta (puesto que la definición de “perfecto” para el cliente será un cambio constante), al mismo tiempo estar dispuesta a aceptar y cuestionar errores ocasionales.

### 3.1.3. Métrica Seis Sigma

La letra griega “Sigma” ( $\sigma$ ) se utiliza en la estadística para denominar la desviación estándar. Cuando el “Sigma” es más alto y, consecuentemente, menor la desviación estándar, el proceso es mejor, más preciso y menos variable. En estadística el valor de 6 Sigma corresponde a 3.4 defectos por millón. De acuerdo a los límites de especificación del cliente, se refiere a que, cuando existe variación de un proceso resulta en seis desviaciones estándar del proceso entre la media del proceso y los límites de especificación del cliente. Por lo tanto, Seis Sigma es utilizada como una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto (Escalante, 2003). En la figura 3.2 se muestra en graficas el cambio de un proceso con una calidad tres Sigma a uno con calidad Seis Sigma (Pearlstein, 2006):

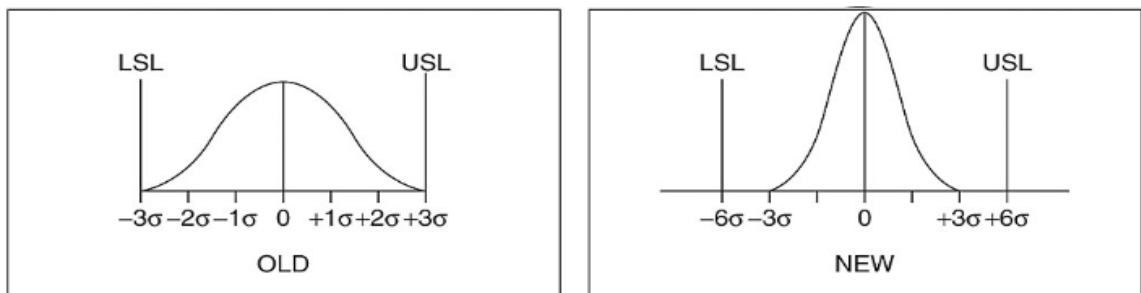


Figura 3.2 Proceso con Calidad Tres Sigma (Izquierda) a Seis Sigma (Derecha).

Existen además otras métricas para medir el desempeño de un proceso enfocado a Seis Sigma. Sin embargo, es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Unidades; “son las partes, ensambles o productos que son producidas en un proceso y por lo tanto se debe inspeccionar o evaluar su calidad.”

- Oportunidades; “cualquiera de las partes de las unidades que pueden medirse o probarse son adecuadas”.
- Defectos; “cualquier desviación de la calidad especificada o no conformidad presentada en un producto”.

### **3.1.3.1. DPU (Defectos por Unidad)**

Se mide el nivel de defectos (no calidad) de un proceso que no toma en cuenta las oportunidades de los errores y se obtiene de la siguiente forma:

$$DPU = \frac{d}{U}$$

Donde d es el número de defectos observados y U es el número de unidades producidas en un periodo de tiempo.

### **3.1.3.2. DPO (Defectos por Oportunidad)**

Es utilizada para tomar en cuenta la complejidad de las unidades o productos y se obtiene de la siguiente manera:

$$DPO = \frac{d}{U \times O}$$

Donde O es el número de las oportunidades de errores por unidad. Se debe de asegurar que se cuenta con oportunidades que son significantes en el proceso.



### 3.1.3.3. DPO (Defectos por Oportunidad)

Se mide los defectos esperados en un millón de oportunidades de error y se calcula de la siguiente manera:

$$DPMO = DPO \times 1000000$$

(Gutiérrez y de la Vara, 2009)

## 3.2. Metodología DMAIC

Uno de los enfoques principales de Seis Sigma para la mejora de procesos y calidad es DMAIC (Garza-Reyes, 2010). El modelo DMAIC se refiere a cinco etapas interconectadas, es decir, definir, medir, analizar, mejorar y controlar que ayudan a las organizaciones a resolver problemas y mejorar sus procesos sistemáticamente. Dale y col. (2007) define brevemente las fases DMAIC de la siguiente manera en la figura 3.3:

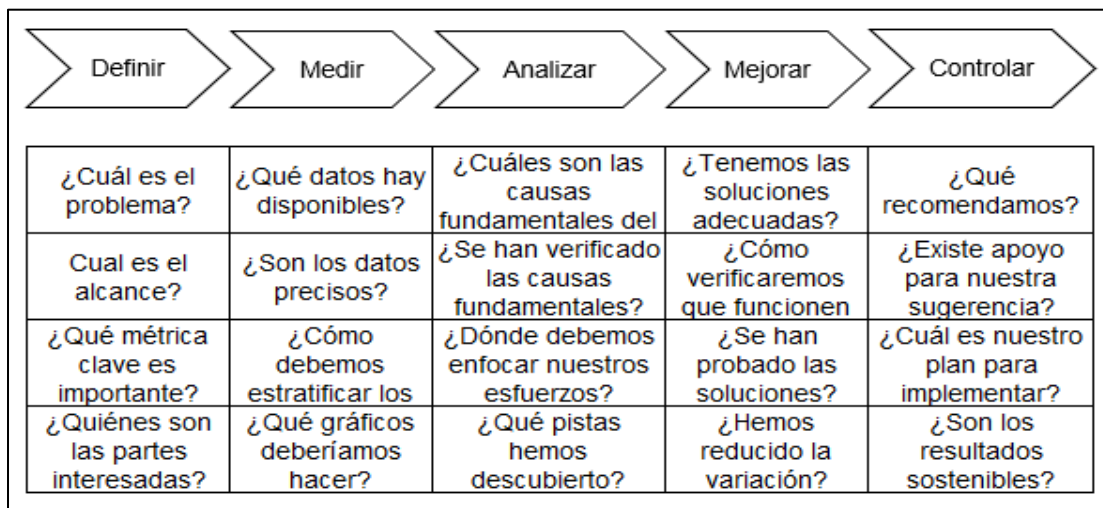


Figura 3.3 Fases de la Metodología DMAIC

Definir: es la etapa dentro del proceso DMAIC donde se define el rol del equipo, los alcances y los límites de los proyectos, los requisitos y expectativas de los clientes y los objetivos de los proyectos seleccionados (Gijo; Scaria; Antony, 2011).

Medir: Es la etapa donde incluye seleccionar los factores de medición a mejorar (Omachonu; Ross, 2004) y se proporciona una estructura para evaluar los desempeños actuales, así como evaluar, comparar y monitorear las mejoras anteriores y su capacidad (Stamatis, 2004).

Analizar: Es la etapa donde se centra en determinar las causas raíces de los defectos (Omachonu; Ross, 2004), se comprende por qué se han producido los defectos y se compara y priorizan las oportunidades de mejoramiento avanzado (Adams; Gupta; Wilson Jr.2003).

Mejorar: es la etapa donde se enfoca en el uso de experimentación y de las técnicas estadísticas para generar las posibles mejoras para reducir la cantidad de problemas o defectos (Omachonu; Ross, 2004).

Control: finalmente, es la última etapa dentro del proceso DMAIC donde se asegura que las mejoras sean sostenidas (Omachonu; Ross, 2004) y que el desempeño continuo vaya ser monitoreado. Las mejoras de los procesos también estarán documentadas e institucionalizadas (Stamatis, 2004).

DMAIC se asemeja al modelo de aprendizaje continuo y mejora de procesos de Deming plan-do-check-act (PDCA) (Deming, 1993). Dentro de los enfoques de Six Sigma, DMAIC proporciona un método estructurado para resolver problemas comerciales y asegura la ejecución correcta y efectiva del proyecto (Hammer; Goding, 2001).

Pyzdek (2003) 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. 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 (Garza-Reyes, 2010).

### **3.3. Kaizen (Mejora Continua)**

Kaizen es un término japonés que se traduce como mejora continua, la palabra viene de la unión de dos palabras japonesas: KAI (cambio) y ZEN (mejorar); y aunque es un concepto que ya no es demasiado nuevo, su aplicación en las empresas no está muy extendida.

Según la definición de algunos expertos, los objetivos de Mejora continua pueden resumirse como (1) un enfoque de toda la empresa para mejorar el rendimiento del proceso (Deming, 1986; Imai, 1986); (2) una mejora gradual a través de la innovación paso a paso (Caffyn, 1999; Berling, 2000; Brunet y New, 2003); (3) actividades organizativas con la participación de todas las personas en la empresa, desde los altos directivos hasta los trabajadores (Imai, 1986; Bessant y Caffyn, 1997); (4) crear un ambiente de aprendizaje y crecimiento (Pervaiz, Loh y Zairi, 1999; Delbridge y Barton (2002).

Chih Wei Wua y Chyong Ling Chen (2004) realizaron un estudio sobre mejora continua, este estudio proporciono una visión diferente de Bassent et al. (2001) hacia una actividad exitosa de mejora continua. Este concepto alentó a una empresa que se apoya en sus logros actuales a buscar mayores ganancias. Sin embargo, su modelo de comportamiento no era fácil de operar para los gerentes. Para operar la actividad de CI de manera efectiva y obtener la participación de toda la empresa para la gestión, necesitaron

un sistema que pueda cumplir con el estado actual de mejora continua y guiar a la empresa hacia el camino correcto como lo describió Bessant et al.

Ellos propusieron un súper sistema abierto que coloca una pirámide compuesta por problemas, modelos y herramientas, y promoción, en su núcleo, la figura 3.4 muestra la pirámide del sistema abierto. Utilizando los cinco niveles evolutivos de Bessant et al. como un mapa de tiempo, este sistema pudo analizar la capacidad.

de mejora de una empresa a partir de la presentación de casos y encontrar la entrada regenerativa adecuada del estado de falla. Aplicando este súper sistema abierto en sus estudios anteriores, derivaron cinco niveles de mejora y los diferentes tipos de habilidades en cada nivel. A partir de eso, descubrieron un estado de falla en cada nivel.

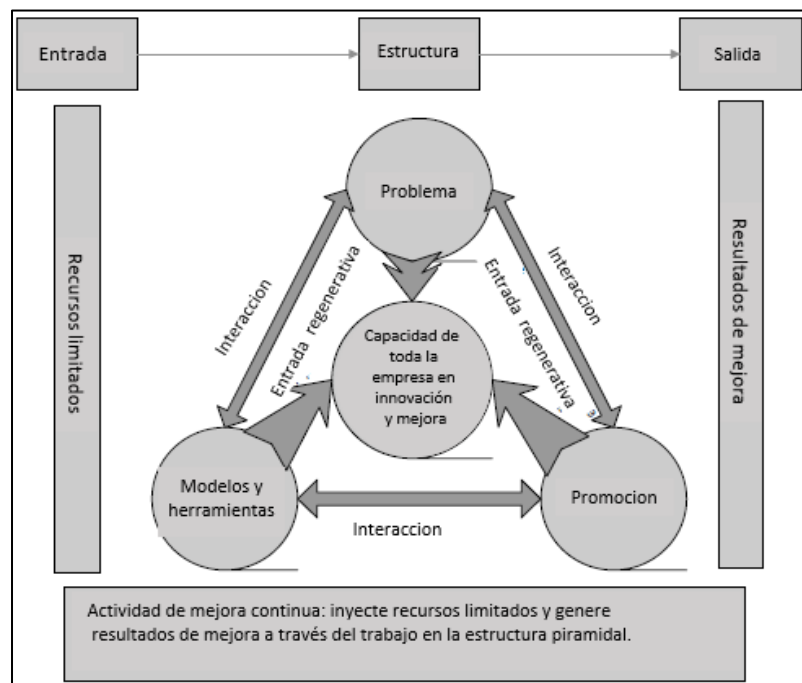


Figura 3.4 Pirámide del Sistema Abierto

### **3.3.1. Modelo Estructural Integrado de Mejora Continua**

Las empresas generalmente operan sus propias actividades de mejora continua para construir un ambiente para la innovación. A pesar de que sus modelos pueden variar, sus actividades operan básicamente alrededor de tres temas: problema, modelos y herramientas, y promoción:

1. Problema: Encontrar un problema presenta dos desafíos, es decir, encontrar problemas de valor y encontrar problemas potenciales. Un problema de valor se define como un problema que una empresa puede obtener un beneficio significativo como resultado del proceso de resolución. Cuando un problema es claro y explícito, solo se trata de elegir un método de resolución adecuado. Para problemas potenciales, la dificultad es cómo encontrarlos. Los problemas potenciales a menudo son más problemáticos que los explícitos y generalmente son más valiosos. ¿Cómo puede una empresa erradicar efectivamente los posibles problemas? Requiere un sistema orientado a exponerlos.

2. Modelos y Herramientas: El propósito del modelo es proporcionar un servicio eficiente y método efectivo para resolver problemas. Actualmente, la mayoría de los modelos populares son los tipos orientados a problemas, como 8D de Ford, DMAIC de 6s y Japanese QC STORY, y tipos orientados a la innovación como DMADV de 6s, tarea japonesa orientada al control de calidad. Las herramientas de mejora que pueden ser aplicarán en esos modelos la herramienta QC 7, la nueva herramienta QC 7, Herramienta IE 7, QFD, DOE (método Taguchi y sistema Shainin), FMEA y Process Flow, etc.

3. Promoción: Esto no es solo para sostener la actividad sino también para alcanzarla participación de todas las personas relevantes, incluidos los empleados en el negocio y las empresas de apoyo. Los métodos de promoción incluyen alentar a la empresa amplia participación, construyendo modelos de mejora adecuados para procesar la actividad, realizando presentaciones para compartir resultados de mejora, proporcionando

programas educativos para introducir nuevos métodos y examinar la efectividad de las actividades que los vinculan con estímulo y recompensas.

En estos tres componentes encontraron que la deficiencia de muchas actividades de CI proviene de la interacción inapropiada de su uso. Por ejemplo:

A. Problema y modelos y herramientas: un problema puede ser simple o complicado, técnico o administrativo. Si no aplicamos un modelo adecuado basado en la esencia de un problema, el resultado será insignificante.

B. Problema y promoción: cuando la promoción se vuelve sistemática, la forma de resolver un problema puede convertirse en un criterio para la evaluación del desempeño.

C. Promoción y modelos y herramientas: según nuestra experiencia, descubrimos que algunas divisiones, como marketing, servicios, finanzas, R&D, etc. pueden tener bajas tasas de participación en actividades de CI porque el modelo aplicado no es adecuado para ellas.

### **3.3.2. Etapas de Desarrollo de la Estructura Piramidal**

La razón por la cual su modelo de comportamiento no explica completamente cómo se desarrolló la habilidad dentro de cada nivel es porque falta una estructura, con esta estructura, se pudo saber no solo dónde se encontraba el nivel de mejora de una empresa, sino también qué aportes regenerativos se necesitaron.

Esta estructura piramidal se desarrolló gradualmente como se muestra en la tabla 3.1, hay seis etapas en la formación de esta estructura, desde la etapa 0 hasta la 5:

- Etapa 0: una empresa no tiene una actividad de mejora continua bien definida. Los problemas debían resolverse, pero la capacidad de resolución de problemas de la empresa no está clara. La mayoría de los problemas son explícitos y es probable que las soluciones eliminen los síntomas de inmediato. Los problemas generalmente se resuelven pasivamente o por la fuerza. Solo el componente del problema existe en esta etapa.

- Etapa 1: una empresa intenta iniciar la actividad de mejora continua. Comienza por buscar y aprender los modelos y herramientas para satisfacer sus necesidades. Al usar los modelos y las herramientas, la mayoría de los problemas se pueden resolver, pero el patrón de resolución es típicamente rígido. La capacidad de resolución se puede identificar a través del modelo. Por lo general, solo unas pocas personas se involucran en una actividad de mejora continua. En esta etapa, el problema se ha combinado con los modelos y las herramientas.

- Etapa 2: para que la actividad de mejora continua se mantenga, se necesita promoción. Un equipo bien organizado promueve la participación de toda la empresa. Se otorga una recompensa / reconocimiento al solucionador de problemas competente mediante demostración y presentación. Se lleva a cabo una evaluación formal sobre el desempeño de la participación divisional. La capacidad de resolución de problemas mejora a través de la promoción. Aunque la mayoría de los problemas aún son explícitos, los modelos y las herramientas están más diversificados.

- Etapa 3: una empresa vincula sus problemas a su estrategia. Los problemas divisionales y funcionales aumentan. Los problemas estratégicos tienden a ser transfronterizos y valiosos. Problemas valiosos son el centro de atención de la industria y la preocupación del personal superior. Podemos decir que la actividad de mejora continua realmente está despegando en la etapa 3. A medida que los problemas se vuelven más complejos, es necesario aumentar el nivel de habilidad en las áreas de proceso, innovación y gestión. Además, la participación de toda la empresa se vuelve más importante a medida que una empresa pasa a la etapa 4.

- Etapa 4: El componente del problema no se limita solo a problemas existentes o explícitos, sino a la eliminación de problemas potenciales. Si un problema potencial no se trata en su etapa inicial, será más difícil de manejar después de que esté expuesto. Por lo tanto, una empresa necesita promover la automotivación en toda la empresa para identificar y erradicar problemas.

- Etapa 5: en esta etapa, todos los componentes se integran juntos. Una empresa establece un súper sistema para encontrar el problema de valor agregado y mejorar las habilidades de toda la empresa en procesos e innovación. Crea un entorno de aprendizaje y crecimiento a través de la gestión del conocimiento y la práctica de la cadena de valor.

Tabla 3.1 Estructuras de la Pirámide

Etapa	Contenido
0. Se inicia el componente del problema.	Los problemas necesitan ser resueltos; la mayoría de los problemas son explícitos; es probable que las soluciones eliminen los síntomas de inmediato; los problemas se resuelven pasivamente; la capacidad de resolución de problemas no está clara; falta idea sobre los recursos necesarios para resolver el problema.
1. El problema se combina con modos y herramientas.	La empresa está buscando y aprendiendo los modelos y herramientas adecuados para resolver el problema; el patrón de resolución es rígido; la mayoría de los problemas pueden resolverse modelos y herramientas; la capacidad de resolución se puede identificar a través del modelo; solo unas pocas personas participan en la actividad.
2. Arriba combina con la promoción.	La empresa utiliza modelos y herramientas eficientes para resolver problemas; un equipo bien organizado promueve la participación de toda la empresa; técnica de recompensa excelente solucionador mediante demostración y presentación; evaluación formal del desempeño de participación divisional; mejora en la capacidad de resolución de problemas a través de la promoción.
3. Enlaces de problemas a la estrategia.	Enlaces de problemas a la estrategia; problemas valiosos se generan a través de la estrategia; aumentan los problemas funcionales y divisionales; habilidades en proceso, se necesita innovación para resolver problemas
4. Interacción de los tres componentes.	La iniciación del problema se convierte en un problema de excavación; la promoción necesita vincularse al problema de excavación; los modelos y las herramientas deben coincidir con la esencia del problema; los problemas se resuelven activamente; automotivación en toda la empresa para desenterrar y resolver los posibles problemas.
5. Integración de la etapa 4 a un supersistema.	Sistema de búsqueda del problema de valor agregado; mejora de toda la empresa en el rendimiento del proceso y la innovación continua; Un estado de aprendizaje y crecimiento crea un entorno para la cultura de la empresa a través de la gestión del conocimiento.



### 3.3.3. Estado de Falla de la Etapa y los Niveles de Mejora

Las cinco etapas de desarrollo en la estructura piramidal no se actualizaron automáticamente a la siguiente etapa. Es fácil moverse hacia arriba desde las etapas inferiores, pero el progreso después de la etapa 3 se convierte en un desafío. Antes de que se analizara la capacidad requerida para que una empresa avanzara a la siguiente etapa, presentaron el estado de falla que se puede encontrar en cada etapa. La tabla 3.2 enumera el estado de falla, sus características y razones de falla en cada etapa.

Tabla 3.2 Estado de Falla, Características y Razones de Falla de las Etapas

Etapa	Estatus de falla	Característica	Razón de falla
0	Desconocido	No actividad	Desconoce el enfoque para resolver el problema
1	Incompleto (problema sin resolver)	La mayoría de los problemas explícitos se resuelven utilizando modelos y herramientas simples, como la herramienta QC7.	Falta de habilidad para resolver problemas
2	Promoción: - baja tasa de participación - alta tasa incompleta	* La preocupación y el apoyo de Top pueden influir en la tasa * La preocupación y el apoyo de Top pueden influir en la tasa; el problema puede ser demasiado difícil de resolver.	* La promoción no es atractiva. * Capacitación sobre actividad de CI y resolución
3	Todo lo anterior más: enlace defectuoso entre estrategia y problema	Todo lo anterior más: * Los solucionadores no perciben bien los problemas estratégicos. * La tasa de participación y el aumento de la tasa completa.	Todo lo anterior más: * La mayoría de los problemas son explícitos en las etapas anteriores, pero ahora son potenciales; la resolución del problema es pobre; * Las herramientas utilizadas antes no son delicadas. Consulte la Tabla 4 para más detalles.
4	Todo lo anterior más: interacción débil entre tres componentes.	Todo lo anterior más: la iniciación del problema cambia al enraizamiento del problema; el problema se vuelve potencial y desafiante, por lo que la promoción y la herramienta deben cambiar en consecuencia; la interacción entre componentes se vuelve más importante.	Todo lo anterior más: la automotivación de los solucionadores de problemas en los problemas de enraizamiento no es suficiente; promoción y herramienta no coinciden con las necesidades de interacción.
5	Todo lo anterior pero el mecanismo de falla es claro y es fácil de corregir.	La tasa de participación casi alcanza el 100%; la capacidad de resolución aumenta; integración de entrada / salida con tres componentes para alcanzar un súper sistema.	Si las entradas están bien asignadas; si el sistema de soporte incluye conocimiento y si la gestión de la red está bien establecida.

De las etapas y su estado de falla que se describió en lo anterior, se extrajeron cinco niveles de mejora diferentes. Son nivel 0 (sin actividad), nivel 1 (incompleto), nivel 2 (completo, pero no seleccionado), nivel 3 (capacidad básica sólida), nivel 4 (capacidad de proceso y capacidad innovadora) y nivel 5 (capacidad de prevención planificada). Esos niveles también se encontraron en Wu (1988) y otros documentos de trabajo. Estos cinco niveles de mejora, sus clases, expresiones en la habilidad CI, tipo de habilidad y características se resumen en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Habilidades y Características de los Cinco Niveles de Mejora

Nivel	Clase	Expresión en la actividad de mejora continua	Tipo de habilidad	Característica
0	Sin participación	No unido	No tiene sentido sobre la actividad de CI	No hay una forma clara de juzgar la capacidad de la empresa
1	Incompleto	Habilidad básica es insuficiente	Ningún deseo	Insuficiencia en la motivación, demasiado ocupado para hacer caso o falta de voluntad debido a la falta de promoción
			Incapacidad	Modelos y herramientas inadecuados; el problema está más allá de su capacidad
2	Completo, pero no seleccionado por jueces de campo	Habilidad básica con defecto	Habilidad básica con defecto	Caso de mejora con pasos defectuosos
			Incapacidad en la presentación de campo	Documentación o presentación incorrecta
3	Habilidad básica sólida	Habilidad en obtener buenos resultados	Común	Posee capacidad de mejora básica
			Representación de campo	Posee habilidad común básica, excelente en técnicas de presentación de campo
			Técnica-excelencia	Posee habilidad común, excelente en técnicas de contramedida
4	Habilidad de proceso	Capacidad para realizar análisis de causa y efecto y resolver el problema real	Presentación en toda la empresa.	Posee capacidad de mejora, excelente en técnicas de presentación
			SQC	Posee capacidad de mejora, excelente en la aplicación de técnicas SQC
			Confirmación	Posee capacidad de mejora, excelente en técnicas de confirmación
5	Habilidad de innovación	Capacidad para resolver conflictos tecnológicos; mejora la tecnología sin comprometer	Innovación	Posee capacidad de mejora, excelente en técnicas innovadoras
	Capacidad de prevención planificada	Capacidad para prevenir el problema antes de que ocurra	Resistencia en el diseño; fuerza en proceso	Posee capacidad de mejora, excelente en innovación y gestión del conocimiento

Conforme al análisis que se realizó se requiere un aporte regenerativo, saber qué nivel de mejora ha alcanzado una empresa puede ayudarnos a saber qué y cuándo se necesita un aporte regenerativo. El tipo de entrada regenerativa depende de la cultura de una empresa individual y del entorno en el que opera. Por lo tanto, tiene numerosas variedades y no es fácil de explicar completamente. Se derivaron cuatro tipos más importantes y conforme a su nuestra experiencia y los estudios sobre el estado de falla en el pasado, se presentan estas cuatro perspectivas:

1. Perspectiva desde la habilidad básica: para promover o mejorar la capacidad básica de una empresa, el aporte regenerativo puede centrarse en dos componentes, promoción y modelos y herramientas.

2. Perspectiva desde la promoción de la habilidad técnica-excelencia: la característica del tipo de excelencia técnica es que la persona tiene la capacidad de lidiar con el problema emergente y resolverlo de manera eficiente.

3. Perspectiva de promover el problema del valor: cómo reconocer un problema de valor es siempre un enigma. Por lo general, un problema de valor está relacionado con la estrategia de una empresa o la satisfacción del cliente. Aunque cualquier cosa relacionada con Q (calidad), C (costo), D (entrega), S (seguridad), M (moral) puede ser un buen tema, su valor debe ser obvio y su contribución debe solidificarse.

4. Perspectiva desde la resolución eficiente del problema: resolver eficientemente un problema puede ser una medida importante. Sin embargo, muchos casos de mejora muestran la ineficiencia para resolver el problema.

La mayoría de los estudios sobre la actividad de mejora continua se centraron en el problema, los modelos de mejora continua o la promoción de la actividad. Cada persona piensa que su enfoque es el punto más crítico. En la realidad, la situación es más compleja. Deming expresó un nuevo concepto en su libro "conocimiento profundo": cuando optimizamos nuestro propio departamento, podemos estar sub-optimizando a toda la empresa (Latzko y Saunders, 1996). Centrarse en un aspecto era viable en el pasado porque

el negocio no había evolucionado a niveles superiores. Dado que mejora continua es una actividad de toda la empresa, no puede sostenerse a menos que se haya construido un súper sistema integrado y se inyecte información regenerativa adecuada de manera oportuna. Por lo tanto, una empresa que disfruta de la competitividad de la actividad de CI también debe diagnosticar y analizar la actividad de CI de vez en cuando para comprender sus debilidades e implementar la corrección cuando sea necesario. Este autoexamen a través del súper sistema es la mejor manera de lograr un CI exitoso.

### **3.4. Manufactura Esbelta**

Manufactura Esbelta tiene como objetivo la eliminación del desperdicio o despilfarro entendiéndose estos como aquellas actividades que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar, mediante la utilización el uso de herramientas (TPM, 5'S, SMED, Kanban, Kaizen, heijunka y jidoka.) que fueron desarrolladas principalmente en Japón para la producción de automóviles (Rajadell & Sánchez, 2010, p. 2).

Los tipos de desperdicios se clasifican en las siguientes categorías (Ohno, 1988):

- a) Tiempos de espera.
- b) Sobreproducción.
- c) Procesos.
- d) Movimientos.
- e) Defectos.
- f) Inventario.
- g) Transporte.

En este artículo realizado por José Vargas, Gabriela Muratalla, María Jiménez (2016) se analizó el impacto de la implementación de la herramienta de Manufactura Esbelta en la optimización de un sistema de producción y en la mejora continua; se incluye el análisis de resultados organizando los datos obtenidos en tablas y figuras, los cuales se exponen casos de éxito en su implementación y resaltan la eficiencia de esta herramienta comprobando su validez.

La producción es una de las áreas más importantes de las empresas debido a que genera la mayoría de los costos. Es importante que se le otorgue el valor que merece a este concepto (Santiesteban, 2011). Por lo tanto, las preguntas de investigación son:

A. ¿Cómo se obtiene la optimización de un sistema de producción y la mejora continua a través de la implementación de Manufactura Esbelta?

B. ¿Cómo se obtiene mejor competitividad en las empresas mexicanas mediante la optimización de la calidad, la mejora continua de un sistema de producción a través de la implementación de Manufactura Esbelta?

Hipótesis específica

$$H_1: X_1 \rightarrow Y_1$$

La reducción de desperdicios influye en la disminución de costos de producción.

$$H_2: X_1 \rightarrow Y_2$$

La reducción de desperdicios afecta en la competitividad de las empresas.

$$H_3: X_1 \rightarrow Y_3$$

La reducción de desperdicios cuestiona la calidad para una mejor satisfacción del cliente.

En la tabla 3.4 es mencionada la conformación de las variables de hipótesis anteriores, así como, los indicadores que conforman cada una de ellas como lo es la  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $Y_2$  y  $Y_3$ .

Tabla 3.4 Descripción de los Indicadores de Investigación

Variable	Descripción	Indicadores
$X_0$	Manufactura Esbelta	$X_1$ Reducción de desperdicios.
$Y_0$	Mejora continua de un sistema de producción	$Y_1$ Costos de producción $Y_2$ Competitividad $Y_3$ Calidad

Manufactura Esbelta tiene el objetivo de proponer mejoras en los procesos mediante la implementación de herramientas de calidad, el análisis de la cadena de valor e indicadores macro (Rueda, 2007). Para efectos de esta investigación las principales herramientas de Manufactura Esbelta se pueden ver en la figura 3.5.

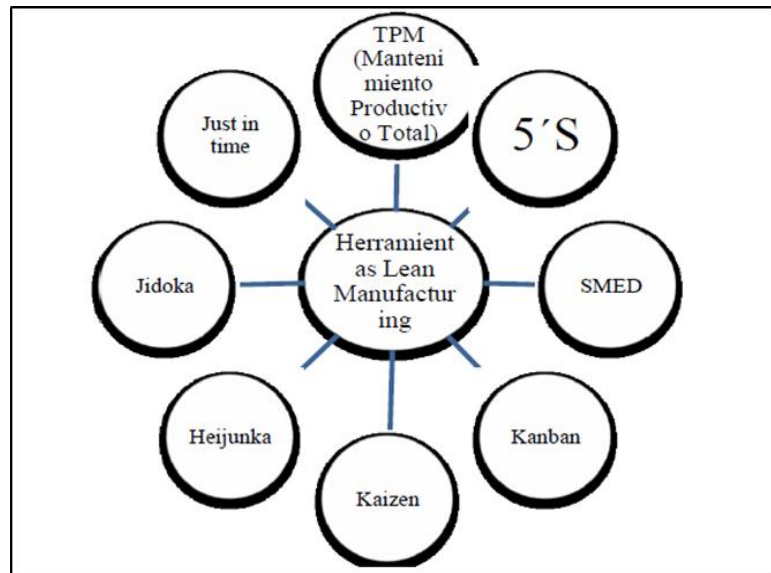


Figura 3.5 Principales Herramientas de Manufactura Esbelta

Durante la implementación de Manufactura Esbelta, Toyota es una de las empresas más famosas que obtuvo el éxito gracias a la aplicación de la metodología, Toyota tuvo mucho que ver en el desarrollo de la metodología para su aplicación, algunas empresas se enfrentaron a grandes dificultades debido a que no lograban comprender los aspectos que abarcaba, el punto clave estaba en que se tenía una mentalidad distinta de mejora continua y la mala costumbre de solo implementar las herramientas más no comprendían que incluía una amplia filosofía. Gracias al presidente como por los trabajadores de la empresa Toyota, las conclusiones anteriores se obtuvieron gracias al esfuerzo y trabajo, se debe a ellos el éxito que ha tenido la aplicación de la metodología en otros negocios (González, 2007). En la tabla 3.5 se muestran la descripción de las variables:

Tabla 3.5 Diseño de Investigación

Variable	Descripción	Indicador	Concepto	Instrumento	Operacionalización de las variables	Determinación del tamaño de la muestra	Análisis de datos
X	Manufactura Esbelta	X1 Reducción de desperdicios	Se enfoca en la eliminación de cualquier tipo de pérdidas. Es eliminar lo inútil con el objetivo de aumentar la productividad y la capacidad de la empresa para competir con éxito en el mercado. (Rueda, 2007).	Revisión Literaria.	Recopilar información para comprobar como la aplicación de Manufactura Esbelta genera la reducción de desperdicios y con ello una variedad de ventajas de mejora para las empresas.	Para este caso en particular no es necesario determinar el tamaño de la muestra.	Análisis estadístico
				Técnica de análisis documental.			Correlación
				Instrumento de recolección de datos.			
Y	Sistema de producción	Costos de producción.	Es el conjunto de componentes que interactúan entre sí en el diseño de un proceso mediante el cual se obtiene la transformación de elementos en productos útiles. (Kons, 2008).	Técnica de análisis documental.	Obtener información que confirme como el sistema de producción se ve afectado mediante la metodología de Manufactura Esbelta proporcionado cambios en la calidad, la productividad y los costos de producción.	Para este caso en particular no es necesario determinar el tamaño de la muestra.	Análisis estadístico
		Competitividad.		Revisión literaria.			Correlación
		Calidad.					

En esta parte se muestran los datos y resultados obtenidos por medio de la investigación realizada, estos resultados son de estudios, encuestas y aplicaciones realizadas a personas expertas e interesadas en el tema, los cuales ayudan a entender, comprobar y aplicar de una manera adecuada la metodología de Manufactura Esbelta, otorgando recomendaciones, consejos y técnicas.

La figura 3.6 muestra los principales beneficios obtenidos con la implementación de Manufactura Esbelta, en la gráfica se muestra la reducción de un 20% en costos de compras, el 40% de decremento en costos de producción, con un mayor porcentaje del 50% en el área utilizada, la disminución del 40% en los inventarios y los costos de calidad. Por último, el Lead time en un 25%.



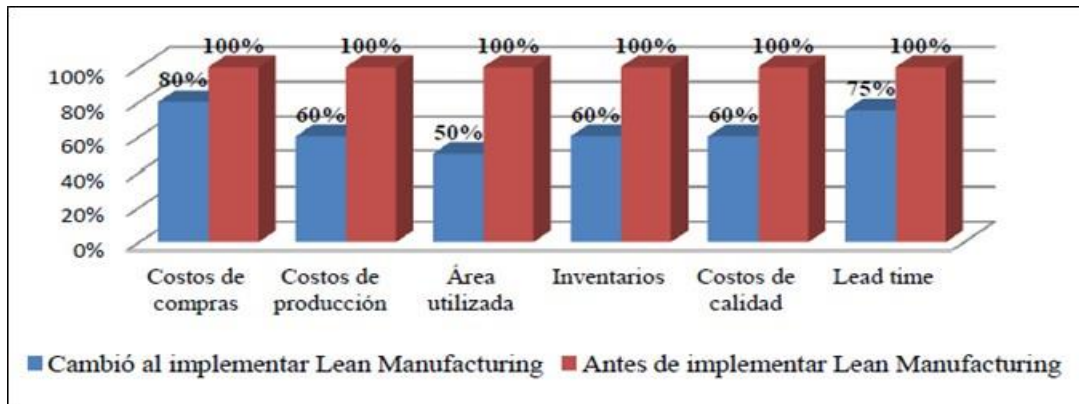


Figura 3.6 Beneficios de la Implementación Manufactura Esbelta. Fuente: Hernández y Vizán (2013).

La información presentada corresponde a los fundamentos obtenidos mediante estudios realizados por los investigadores interesados en el tema a compañías que demostraron interés por la metodología de Manufactura Esbelta. En la figura 3.7 se observa que el 58.20% manifiestan que se incrementó el grado de mejora obtenido, el 55.17% la rapidez con la que se obtienen los resultados, el 41.37% la sencillez de los procedimientos y la teoría y el 31.03% la escasa inversión financiera. Los motivos restantes con menores porcentajes reafirman de la misma manera que existe reducción de costos, inventarios y tiempos del proceso en forma considerable.

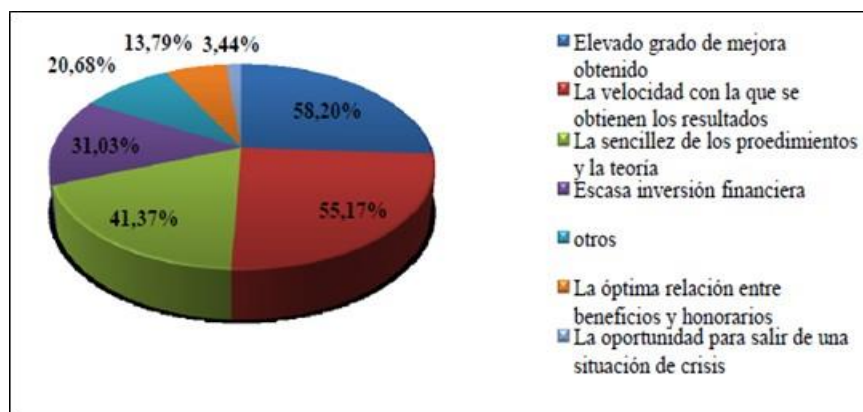


Figura 3.7 Motivos para Implementar Manufactura Esbelta. Fuente: Tejeda (2011).

En la figura 3.8 se muestran algunas razones por las cuales no es recomendable la implementación de la metodología, puesto a que si se realiza en estas circunstancias podría dar resultados no muy favorables.



Figura 3.8 Retos de la Implementación de Manufactura Esbelta

En la siguiente figura 3.9, se presentan algunas razones por las cuales no es recomendable optar por la implementación esta herramienta, puesto que si se realiza en estas circunstancias podría arrojar resultados no muy favorables.



Figura 3.9 Razones para no Implementar Manufactura Esbelta en un Negocio

En la figura 3.10 se observa que los datos obtenidos con el 67% de las actividades indican que es lo único que otorga valor al producto, es decir, el cliente solo pagara por eso, lo restante es considerado desperdicio.

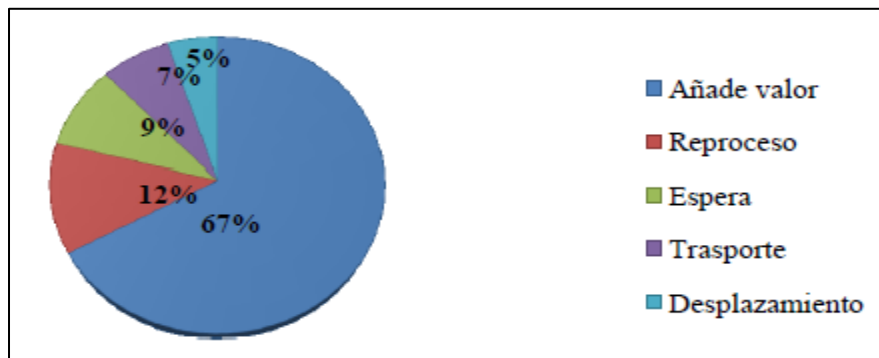


Figura 3.10 Creación de Valor

En la figura 3.11, se muestra las perspectivas de las actividades que agregaron valor al producto según Melton (2005), donde describe que solo el 5% de las actividades lo hacen, mostrando que la mayoría de las actividades son desperdicios que son agregados al precio que debe cubrir los clientes, los cuales no está dispuesto a pagar.

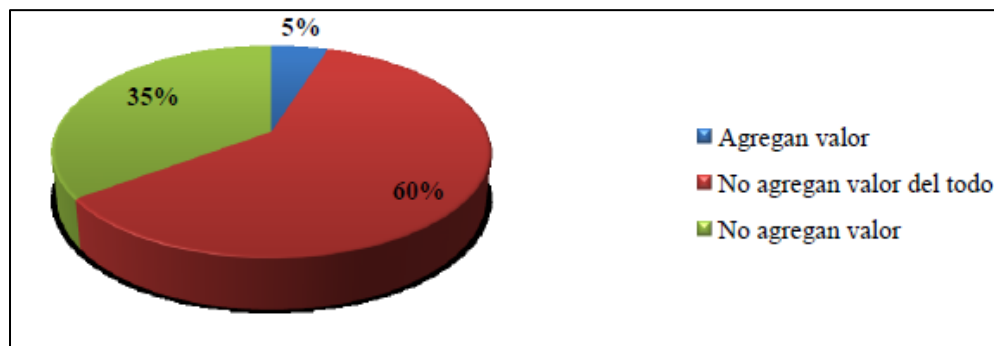


Figura 3.11 Actividades que Agregan Valor al Producto según Melton (2005)

El objetivo examinando que fue planteado al inicio del proyecto, se enfoca en el análisis del posible impacto de la implementación de Manufactura Esbelta en la optimización de un sistema de producción y en la mejora continua, en base a la obtención de los resultados las empresas que implementaron esta metodología obtuvieron disminuciones considerables desde un 50% al 20% en las áreas utilizadas, tales como los costos de producción, costo de la calidad y los inventarios, el tiempo de entrega y los costos de compras, logrando la mejora continua en los diferentes procesos y la optimización en el sistema de producción, que llevo al uso eficiente y eficaz de los recursos convirtiendo a las empresas más competitivas.

La clave para el éxito está en la correcta aplicación, en poner toda la disposición y compromiso posible por parte de todas las partes involucradas, y en no resistirse al cambio ya que, los cambios culturales generalmente se presentan como un obstáculo para la mejora, no es sencillo tratar de imponer un nuevo modo de pensar a las personas. La realización de este proyecto de investigación ha tenido algunas aportaciones importantes para las empresas en general debido a que, proporciona razones, ventajas, y aplicaciones de Manufactura Esbelta que se pueden tomar como base en caso de optar por esta técnica.

### **3.5. Producción Esbelta**

La Producción Esbelta (en Ingles “Lean Production”) es una metodología para la organización del trabajo que se enfoca en la mejora continua y la optimización del sistema de producción mediante la eliminación de los desperdicios y las actividades que no suman ningún tipo de valor al proceso.

Christer Karlsson y Pär Åhlström (1996) mencionan en su artículo que Producción Esbelta es un enfoque de gestión que se centra en eliminar los residuos y, al mismo tiempo,

garantizar la calidad. Este enfoque se puede aplicar a todos los aspectos de un negocio, desde el diseño, pasando por la producción hasta la distribución.

El modelo que se desarrolló en este artículo operacionaliza los determinantes de un sistema de Producción Esbelta, con esto se puede suponer que, al introducir Producción Esbelta, se puede mejorar el rendimiento. En estos hallazgos, han basado sus propios estudios en una conceptualización de Producción Esbelta que consiste en un número de principios que caracterizan las diferentes áreas funcionales y la estrategia general de la empresa ajustada. Estas áreas y factores funcionales se resumen en el modelo de la figura 3.12, este es su interpretación de los principios fundamentales de lean:

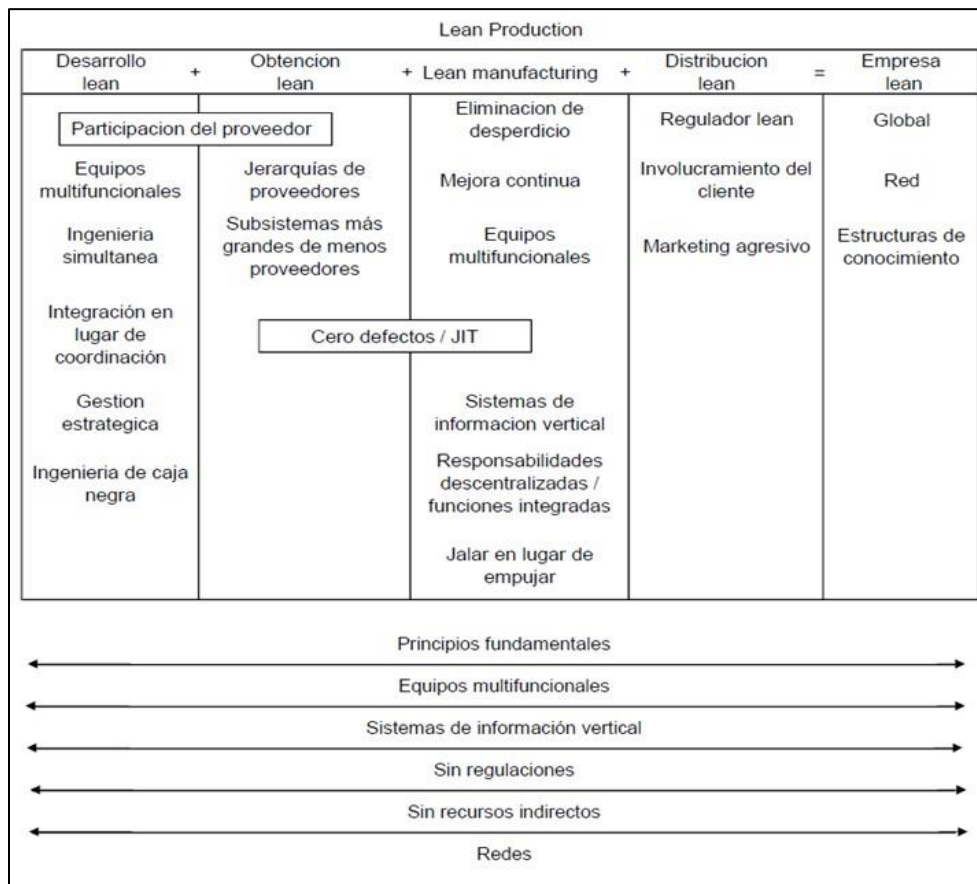


Figura 3.12 Conceptualización de la Producción Esbelta

Aunque el modelo abarco diferentes áreas funcionales, ellos se preocupan sobre las consecuencias de Producción Esbelta para la organización del trabajo. Estas consecuencias se encuentran predominantemente en lo que se denomina "manufactura esbelta" en el modelo, y hasta cierto punto también en el desarrollo de productos. Por lo tanto, el enfoque que dieron en este artículo estará en la función de fabricación de una empresa.

### 3.5.1. Evaluar Cambios hacia Producción Esbelta

La estructura es que primero hacemos la elaboración teórica de las determinantes, después de lo cual sigue una explicación de las mediciones que fueron revisadas significativamente como consecuencia de la prueba clínica. También debe tenerse en cuenta que teníamos que encontrar un equilibrio entre los detalles y la simplicidad, para que el modelo operacional fuera utilizable como se muestra en la tabla 3.6:

Tabla 3.6 Indicadores de Producción Esbelta

Determinante	Medidas	Lean
Indicadores teóricamente derivados de los principios de lean production	Indicadores operacionales que se han encontrado adecuados para su uso en la evaluación de cambios hacia la producción ajustada, en un caso empírico	Indique la dirección deseada del indicador, si se mueve en una dirección inclinada: ↗ = Debería aumentar ↘ = Debería disminuir ↑ = La práctica debería cambiar en esta dirección

### 3.5.2. Eliminación de Desperdicio

Unos de los propósitos de Producción Esbelta es la eliminación del desperdicio, todo lo que no agrega valor al producto. El desperdicio es algo que el cliente no está a disposición de pagar y lo que debería ser eliminado, esto se muestra en la tabla 3.7:

Tabla 3.7 Desperdicios

Determinante	Eliminacion de desperdicio	Lean
Trabajo en proceso	Valor del trabajo en progreso en relación con las ventas	↘
Tamaño de lote	Tiempo de corrida de produccion entre set-ups	↘
Tiempos de Set-up	Cantidad de tiempo necesitado para los cambios	↘
Tiempo de maquina detenida	Numero de horas en que la maquinas estan paradas por averia en relacion con el tiempo total de la maquinaria	↘
Transportacion de:	* Tiempo en que las partes son transportadas	↘
Partes	* Distancia en que las partes fisicas son transportadas	↘
Scrap	Valor del scrap en relacion a ventas	↘
Retrabajos	Valos del retrabajo en relacion a ventas	↘
Nota: Deberia disminuir ↘		

### 3.5.3. Mejora Continua (Kaizen)

Si la eliminación de desperdicio es el principio más fundamental de Producción Esbelta, entonces mejora continua puede decirse que es el segundo. El sistema de producción debe ser constantemente mejorado: perfección es la única meta. La tabla 3.8 tres describe las medidas desarrolladas para evaluar los cambios hacia mejora continua:

Tabla 3.8 Medidas para Evaluación de Cambios

Determinante	Mejora continua	Lean
Sugerencias	* Numero de sugerencias por empleado y año	↗
	* Porcentaje de sugerencias implementadas	↗
Actividades de mejora de la organización	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ciculos de calidad.</li> <li>2. Equipos multifuncionales y resolución espontánea de problemas.</li> <li>3. Esquema de sugerencia formal.</li> <li>4. Sin organización explícita.</li> </ol>	↑
Nota: ↗= Should increase ↑= Practica deberia cambiar en esta direccion		

### 3.5.4. Cero Defectos

Aunque la calidad en sí misma es una variable de rendimiento importante en Producción Esbelta, también es un requisito previo para el sistema de producción. Para poder alcanzar una alta productividad, es esencial que todas las piezas y productos estén libres de fallas desde el principio. El objetivo es trabajar con productos sin fallas a través de la mejora continua del proceso de fabricación. Por lo tanto, cero defectos denotan cómo funciona una empresa esbelta para lograr calidad. La tabla 3.9 describe las medidas desarrolladas para evaluar los cambios hacia cero defectos:

Tabla 3.9 Medidas Desarrolladas hacia Cero Defectos

Determinante	Cero defectos	Lean
Responsabilidad para identificar las piezas defectuosas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los trabajadores identificaran las piezas defectuosas y detendran la linea</li> <li>2. Los trabajadores identificaran las piezas defectuosas, pero no detendran la linea</li> <li>3. El departamento de control de calidad identifica las piezas defectuosas e informa a la gerencia de producción</li> </ol>	↑
Responsabilidad para ajustar piezas defectuosas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Piezas defectuosas son enviadas de regreso hacia el trabajador responsable para ajustar el defecto.</li> <li>2. Los trabajadores sacan y ajustan las piezas defectuosas.</li> <li>3. El departamento de ajuste ajusta las piezas defectuosas.</li> </ol>	↑
Departamento de control de calidad	Numero de gente dedicada al control de calidad	↘
Grado de control de proceso	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los procesos se controlan mediante la medición dentro del proceso.</li> <li>2. La medición se realiza después de cada proceso.</li> <li>3. La medición se realiza solamente despues de que el producto esta completo</li> </ol>	↑
Control autónomo de defectos	Porcentaje de inspección realizada por control autónomo de defectos	↗
Area de ajuste y reparacion	Tamaño del area de ajuste y reparacion	↘
Nota: ↗= Deberia incrementar ↘= Deberia disminuir ↑= Practica deberia cambiar en esta direccion		



### 3.5.5. Justo a Tiempo (Just in time)

Estrechamente asociado con cero defectos está el principio de justo a tiempo, ya que lograr piezas libres de fallas es un requisito previo para lograr entregas justo a tiempo. Cabe señalar aquí que hemos optado por utilizar el término de una manera más estrecha de lo que se hace a menudo en la literatura. El principio de justo a tiempo en su significado básico implica que cada proceso debe contar con la parte correcta, en la cantidad correcta en el momento exacto. El objetivo final es que cada proceso debe contar con una parte a la vez, exactamente cuándo se necesita esa parte, La tabla 3.10 describe los cambios para lograr el justo a tiempo:

Tabla 3.10 Cambios para Lograr el Justo a Tiempo

Determinante	Cero defectos	Lean
Tamaño de lotes	Tiempo de corrida de producción entre set-ups	↘
Trabajo en proceso	Valor del trabajo en proceso en relación a ventas	↘
Tiempo de orden de entrega	Cantidad de tiempo dedicado a procesar cada pedido	↘
Nivel de justo a tiempo	1. Secuencia de justo a tiempo posible	↑
	2. Tiempo de entrega específico de justo a tiempo posible	
	3. Lotes son entregados justo a tiempo	
Nota: ↘= Debería disminuir ↑= Práctica debería cambiar en esta dirección		

### 3.5.6. Jalar en Lugar de Empujar

Estrechamente relacionado con el principio de justo a tiempo está la forma en que se programa el material, mediante extracción en lugar de empuje. Dado que este principio es binario, ya sea que tiene atracción o presión, es necesario considerar el problema de una manera ligeramente diferente para encontrar determinantes que puedan evaluar el cambio

que se está produciendo. Al tratar de poner en práctica este principio, nos pareció útil observar la relación entre la programación hacia adelante y la solicitud hacia atrás, la tabla 3.11 describe los cambios para lograr el justo a tiempo:

Tabla 3.11 Cambios para Lograr el Justo a Tiempo

Determinante	Cero defectos	Lean
Solicitud hacia atrás en relación con la programación hacia adelante	El número de etapas en el flujo de material que usa pull (solicitudes hacia atrás) en relación con el número total de etapas en el flujo de material	↗
Grado de halar	Porcentaje del valor anual requerido que se programa a través de un sistema pull	↗
Nota: ↗= Debería incrementar		

### 3.5.7. Equipos Multifuncionales

Una consecuencia del uso de equipos multifuncionales es que disminuye el número de clasificaciones laborales. En lugar de tener diferentes empleados realizando solo un número limitado de tareas, el objetivo es tener empleados que puedan realizar más de una tarea en el equipo. Dado que las tareas se rotan en el equipo, un beneficio importante es que la mayor flexibilidad reduce la vulnerabilidad del sistema de producción. Cada persona realiza muchas tareas diferentes durante un día. Por lo tanto, no hay tanta dependencia de las personas solteras. Sin embargo, lograr esta multifuncionalidad requiere esfuerzos en la capacitación del personal, la tabla 3.12 describe las medidas desarrolladas para evaluar los cambios hacia equipos multifuncionales:

Tabla 3.12 Cambios hacia Equipos Multifuncionales

Determinante	Equipos multifuncionales	Lean
Estructura del equipo	Porcentaje de empleados trabajando en equipos	↗
Estructura de la tarea	Número de tareas en el flujo de productos realizadas por los equipos	↗
Clasificación de trabajos	Numero de clasificacion de trabajos	↘
Rotacion de tareas	Trabajadores cambiando tareas con el equipo: 1. Continuamente 2. Cada hora 3. Cada dia 4. Una vez a la semana 5. Una vez al mes 6. Una vez al año 7. Menos de un año	↑
Entrenamiento	* Número de tareas diferentes en las que se capacita a los empleados  * Número de diferentes áreas funcionales en las que se capacita a los empleados  * Cantidad (en horas) de capacitación impartida al personal nuevo	
Nota: ↗= Deberia incrementar ↘= Deberia disminuir ↑= Practica deberia cambiar en esta direccion		

### 3.5.8. Responsabilidades Descentralizadas

Otra característica importante de una organización de trabajo Lean es que las responsabilidades están descentralizadas en los equipos multifuncionales. La Tabla 3.13 describe las medidas desarrolladas para evaluar los cambios hacia las responsabilidades descentralizadas. Al realizar la prueba clínica, encontramos razones para elaborar las mediciones teóricamente derivadas.

Tabla 3.13 Cambios hacia las Responsabilidades Descentralizadas

Determinante	Responsabilidades descentralizadas	Lean
Tareas de supervisión realizadas por los equipos	1. El liderazgo del equipo rota entre los miembros del equipo. 2. Tareas de supervisión realizadas por el equipo 3. Nivel de supervisión separado en la organización.	↑
Liderazgo de equipo	* Porcentaje de empleados que pueden aceptar la responsabilidad del liderazgo del equipo * Porcentaje de empleados que han aceptado la responsabilidad del liderazgo del equipo.	↗
Jerarquía organizacional	El número de niveles jerárquicos en la organización de fabricación.	↘
Responsabilidad de áreas	Número de áreas funcionales que son responsabilidad de los equipos.	↗
Nota: ↗= Debería incrementar ↘= Debería disminuir ↑= Practica debería cambiar en esta direccion		

### 3.5.9. Funciones Integradas

Un segundo principio importante sobre el equipo multifuncional es la integración de diferentes funciones en los equipos. Esto significa que las tareas previamente realizadas por los departamentos indirectos se integran en el equipo, aumentando el contenido del trabajo de estos equipos. El equipo realiza tareas como adquisición, manejo de materiales, planificación y control, mantenimiento y control de calidad. Tabla 3.14 describe las medidas desarrolladas para evaluar los cambios hacia funciones integradas:

Tabla 3.14 Cambios hacia Funciones Integradas

Determinante	Responsabilidades descentralizadas	Lean
Contenido de trabajo en equipos	El número de diferentes tareas indirectas realizadas por el equipo.	↗
Funciones de apoyo	La proporción de empleados indirectos en relación con los empleados directos.	↘
Nota: ↗= Debería incrementar ↘= Debería disminuir		

### 3.5.10. Sistemas de Información Vertical

El principio final es el de los sistemas de información vertical. La información es importante para que los equipos multifuncionales puedan desempeñarse de acuerdo con los objetivos de la empresa. Tabla 3.15 describe las medidas desarrolladas para evaluar los cambios hacia los sistemas de información vertical. Nuestro proyecto clínico también nos ayudó a diferenciar los determinantes de este principio. Este fue especialmente el caso con respecto al modo de provisión de información:

Tabla 3.15 Cambios hacia los Sistemas de Información Vertical

Determinante	Información de sistema vertical	Lean
Modo de provisión de información	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La información se muestra continuamente en espacios dedicados, directamente en el flujo de producción. Reuniones regulares para discutir la información.</li> <li>2. formación oral y escrita proporcionada regularmente.</li> <li>3. Información escrita proporcionada regularmente.</li> <li>4. No hay información para los empleados.</li> </ol>	↑
Contenido en información estratégica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Number of areas contained in the information given to employees.</li> <li>• Perspectiva del tiempo en la información.</li> </ul>	↗
Contenido operacional en información	Número de diferentes medidas utilizadas para evaluar el desempeño de los equipos.	↗
Frecuencia de información	La frecuencia con la cual la información es dada a los empleados (diferenciada por el contenido de la información)	↗
Nota: ↗= Debería incrementar ↑=Practica debería cambiar en esta direccion		

El propósito de Christer Karlsson y Pär Åhlström (1996) en este artículo ha sido desarrollar un modelo que ponga en práctica los diferentes principios en Producción Esbelta, con un enfoque a la organización del trabajo en la parte de fabricación de una

empresa. La razón fundamental de la elaboración de este artículo fue su interés en estudiar los procesos de cambio al introducir Producción Esbelta.

El desarrollo del modelo comenzó con la descripción de Producción Esbelta realizada en el libro, *La máquina que cambió el mundo*. Con eso como base, desarrollaron un modelo que resumía los principios importantes contenidos en la producción ajustada.

El modelo final tiene implicaciones tanto para la investigación como para la práctica. Para la investigación, se puede utilizar como modelo para hacer operativo Producción Esbelta para poder estudiar los procesos de cambio adecuadamente. En la práctica, el modelo puede usarse como una herramienta para evaluar el desarrollo que tiene lugar en un esfuerzo por ser delgado. Finalmente, se puede usar como una lista de verificación de a qué apuntar cuando se intenta implementar la producción ajustada. Sin embargo, teniendo esto en cuenta, el modelo es una herramienta útil para que las empresas verifiquen que no se están engañando a sí mismas.

## **4. METODOLOGÍA**

En este capítulo se describen las fases del presente proyecto de investigación basado en la metodología DMAIC, la cual está formada de 5 etapas estructuradas de aplicación general llamadas Definir (Define), Medir (Measure), Análisis (Analyse), Mejorar (Improve) y Control (Control).

### **4.1. Definir**

La primera fase se presenta la información necesaria que para obtener una definición clara del problema. Los puntos que cubre esta etapa son: descripción general del problema, selección de las variables críticas para la satisfacción del cliente y alcance del problema.

#### **4.1.1. Descripción General del Problema**

Para explicar en qué consiste el problema y la importancia de resolverlo, se utilizó el diagrama Pareto de defectos de la línea de producción y descripción del defecto de falla de reversa.

#### **4.1.2. Selección de las Características de Salida**

Características de salida son necesidades específicas o requerimientos que son críticos para el cliente.

### 4.1.3. Selección de las Características de Salida

Una vez establecido cuál es la característica por mejorar es necesario establecer cuáles son los estándares que deben cumplirse para satisfacer al cliente.

### 4.1.4. Alcance del Proyecto

Considerando los recursos limitados y los beneficios deseados, el equipo de trabajo definió los límites del proyecto.

### 4.1.5. Gráfico de Gantt

Se utilizó un gráfico de Gantt para la programación de la lista de actividades necesarias para desarrollar la investigación. El cual se muestra a continuación en la figura 4.1.

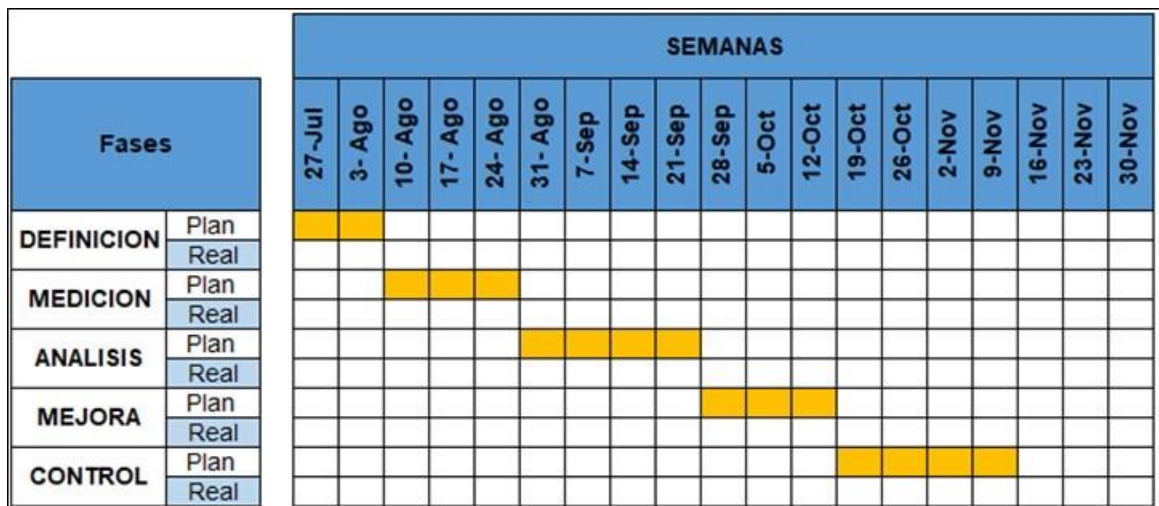


Figura 4.1 Gráfica de Gantt



## **4.2. Medir**

Es la fase donde el equipo decide qué va a medir en el proceso, qué variables serán medidas en el proceso, los equipos y métodos de medición que serán utilizadas en el proyecto. Para avanzar en un programa de mejoramiento de Calidad es necesario contar, entre otras cosas, con un sistema de medición confiable. Es en esta fase es donde se definen la capacidad del desempeño actual del proceso. La etapa de medición es importante tener métricos de los defectos de la línea de producción con información correcta, ya que si no se cuenta con métricos que demuestren que el proyecto representará un impacto en reducción de costos no será viable gastar el tiempo en ese proyecto. Si los métricos son correctos el avance del proyecto se podrá controlar con precisión.

### **4.2.1. Evaluación del Sistema de Medición**

En esta fase se verifica que el equipo de medición a utilizar sea confiable y qué método se utilizará para su calibración, la característica de salida es amperaje alto en la estación# 2. Este defecto es considerado importante debido a que afecta directamente en el defecto de falla de reversa.

## **4.3. Análisis**

La etapa de análisis se utiliza para aislar las causas de los errores que deben ser corregidos. En esta fase se reúne a un equipo de trabajo multidisciplinario con el objetivo de identificar las causas principales y la relación que existe entre ellas. Durante la fase de análisis del modelo DMAIC, se identifican y da prioridad a las causas potenciales que impactan en variación y forma a la variable de respuesta (porcentaje de defectos por fallas de reversa).

### **4.3.1. Determinación de las Causas Potenciales**

La selección de posibles causas posibles se basó en el diagrama de causa y efecto de modos de falla de reversa, el siguiente paso fue crear un diagrama de flujo del proceso actual e identificar las causas potenciales sobre dicho diagrama.

Analizar proporciona una visión sobre como eliminar el nivel actual de rendimiento y el que se requiere. Esto abarca reconocer las deficiencias producidas, mediante la determinación de las variables que son las causantes de la variación en el proceso. Se identifican las causas potenciales y sus posibles relaciones causa-efecto que originan la falla de reversa.

### **4.3.2. Selección de las Principales Causas**

En esta etapa se evaluaron las causas que se consideraron en la etapa anterior. Estas fueron: a) Carcaza fuera de especificación, b) Giro de piñón de motor fuera de especificación, c) Amperaje alto de subensamble de motor y d) Caídas de voltaje en probadora final de la línea.

## **4.4. Mejorar**

En esta etapa se hacen propuestas de mejora que contribuyan a mitigar o eliminar las causas raíz que generan el defecto de falla de reversa, es aquí donde se predicen las condiciones para obtener un mejor proceso. El objetivo de esta etapa es demostrar con datos, que las soluciones propuestas ayuden a reducir el defecto de falla de reversa y llevan a las mejoras buscadas.

#### **4.4.1. Implementación de las Soluciones**

Una vez que fueron establecidas tanto las variables críticas como las soluciones a estas, el equipo de trabajo procedió a la etapa de implementación. Para lo cual, se generó un plan que involucró personal de mantenimiento, ingeniería y calidad. El plan considera modificaciones en los parámetros de operación, entrenamiento al personal operativo y técnicos de mantenimiento y la generación de un plan de mantenimiento preventivo al equipo.

El plan de mantenimiento preventivo se consideró necesario debido a que durante los estudios se encontró que el equipo era operado en ocasiones con condiciones irregulares.

#### **4.4.2. Evaluación del Impacto de la Mejora**

Con el fin de comprobar el impacto esperado en la variable de respuesta “reducción de porcentaje de defectos de falla de reversa”, se tomaron datos del antes y después de las mejoras implementadas para verificar si existe diferencia.

### **4.5. Control**

La etapa de control consiste en diseñar mecanismos de control luego de las mejoras para reducir el defecto de falla de reversa. El objetivo de esta etapa es desarrollar un conjunto de actividades con el propósito de mantener el estado y desempeño del proceso a un nivel que satisfaga las necesidades del cliente.

#### **4.5.1. Determinación de los Controles para las KPIV's**

Una vez que las mejoras deseadas se han logrado durante las corridas experimentales y confirmatorias, es necesario diseñar el sistema que permita mantener las mejoras logradas a través del control de las X vitales. Acordando acciones de control en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo.

#### **4.5.2. Actualización de AMEF y Plan de Control**

El objetivo de esta actividad es documentar los cambios en el proceso que son necesarios para el logro de la mejora obtenida, facilitar la estandarización y el cumplimiento con los nuevos procedimientos. En esta fase es necesario actualizar toda la documentación que pueda ser afectada con los cambios propuestos. Algunos de estos documentos son el AMEF (Análisis del Modo y Efecto de las fallas) y el Plan de control.

## **5. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

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

### **5.1. 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.

#### **5.1.1. 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 desperdicio 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 5.1.

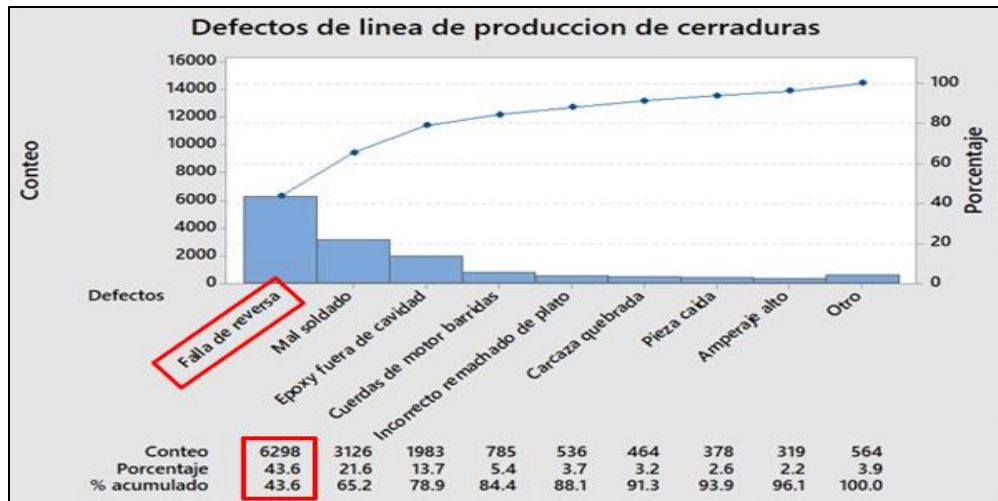


Figura 5.1 Distribución de Defectos

La figura 5.2 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 al 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.

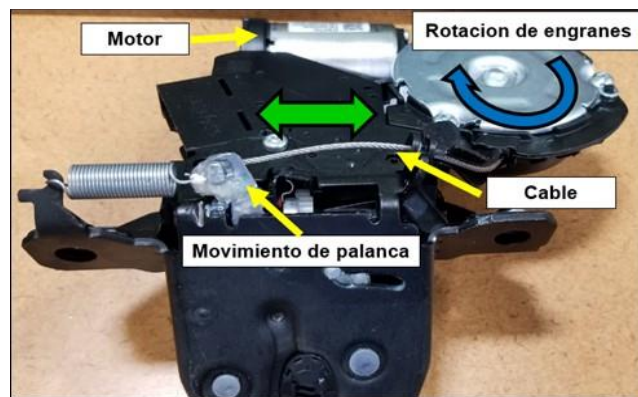


Figura 5.2 Función de Componentes

### 5.1.2. Selección de las Características de Salida

Las características críticas para el cliente, en este caso interno debido a que el defecto de falla de reversa es detectado 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.

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

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

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

### 5.1.3. 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 de falla de reversa.

### 5.1.4. 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 5.3 muestra el diagrama de flujo del proceso y las áreas de enfoque para el análisis en amarillo.

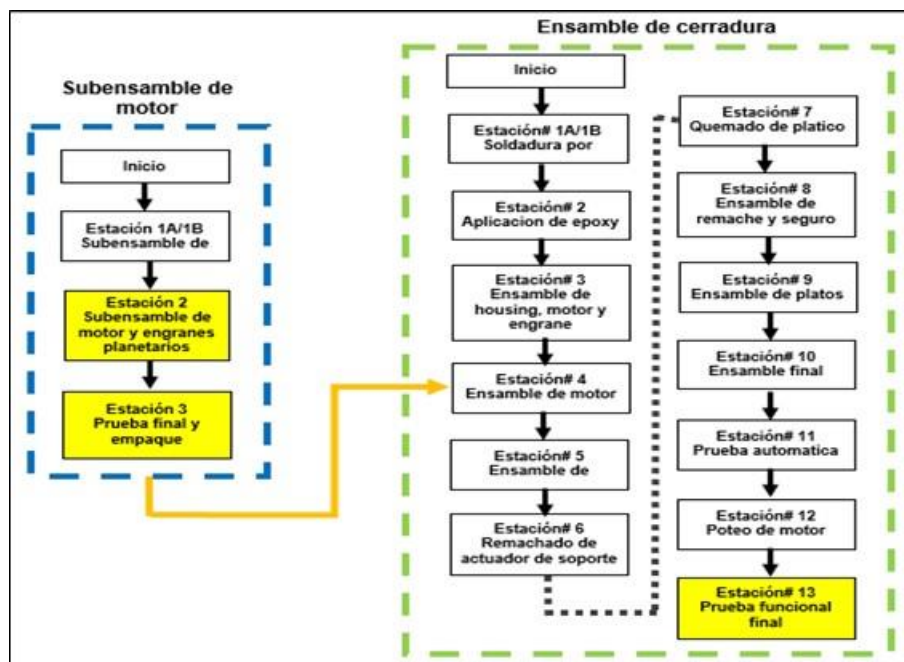


Figura 5.3 Diagrama de Flujo del Proceso

### 5.1.5. 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 5.4.



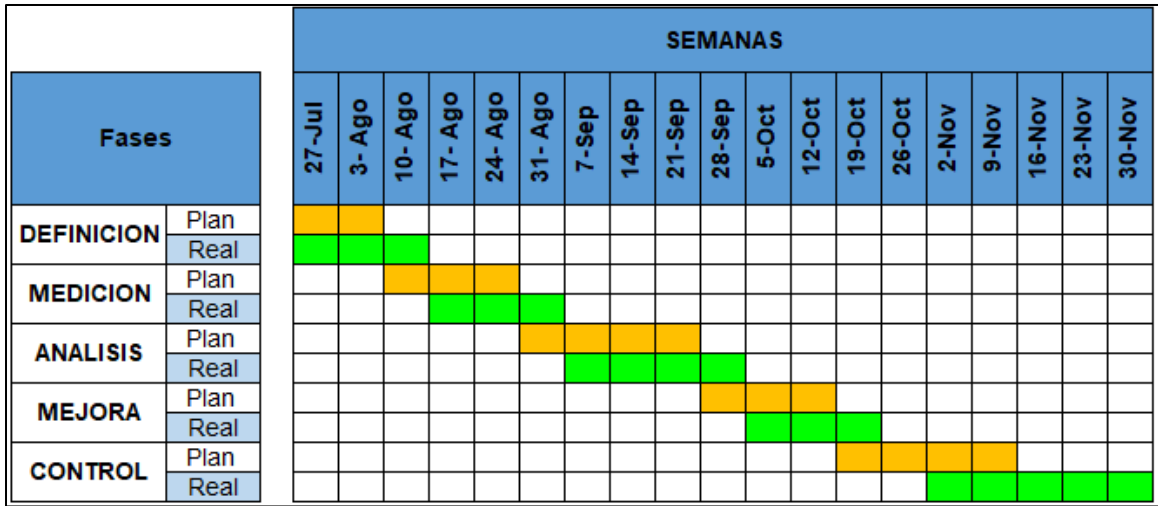


Figura 5.4 Gráfico de Gantt

## 5.2. 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.

### 5.2.1. 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 5.5.

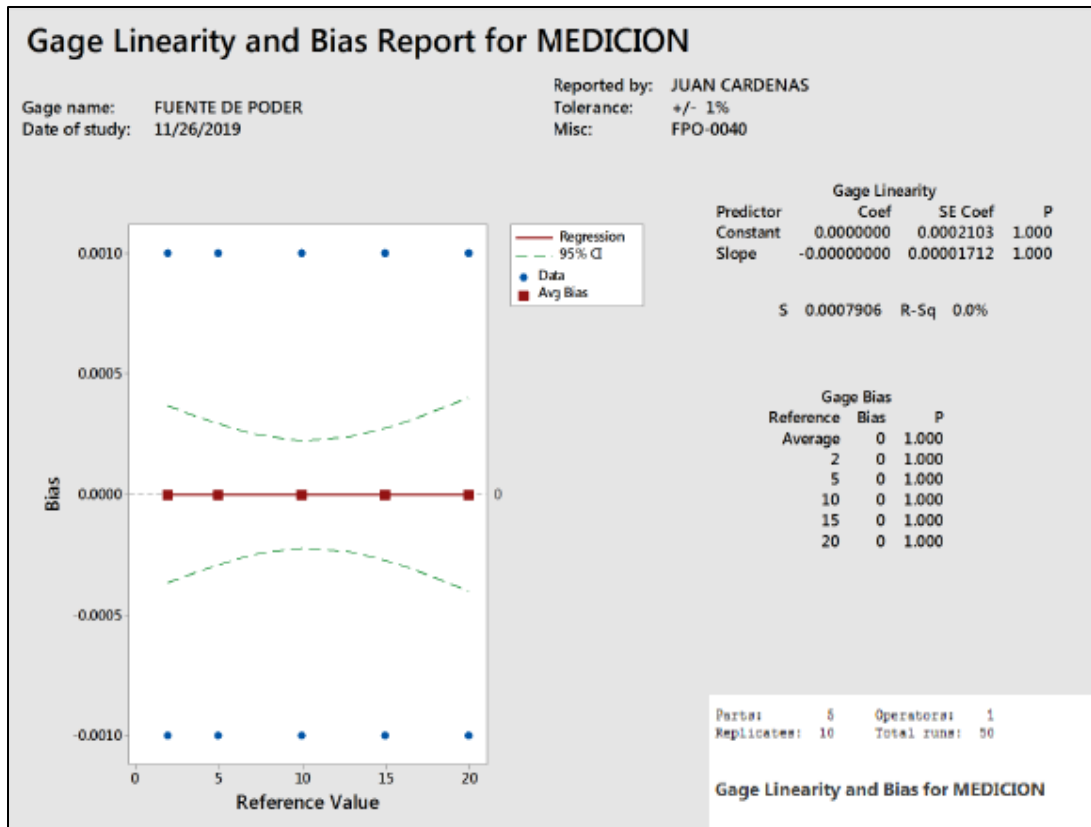


Figura 5.5 Estudio de Linealidad y Sesgo

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, ver figura 5.6.

Gage Linearity			
Predictor	Coef	SE Coef	P
Constant	0.0000000	0.0002103	1.000
Slope	-0.0000000	0.00001712	1.000

Figura 5.6 Resultados de Estudio de Linealidad y Sesgo

Si el estudio es aceptable, se le coloca una etiqueta de calibración con el número de identificación, la fecha que se calibró el equipo y la fecha de la próxima calibración, cada equipo de medición es calibrado anualmente, ver figura 5.7.



Figura 5.7 Etiqueta de Calibración

### **5.3. 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 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.

#### **5.3.1. 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 5.8.

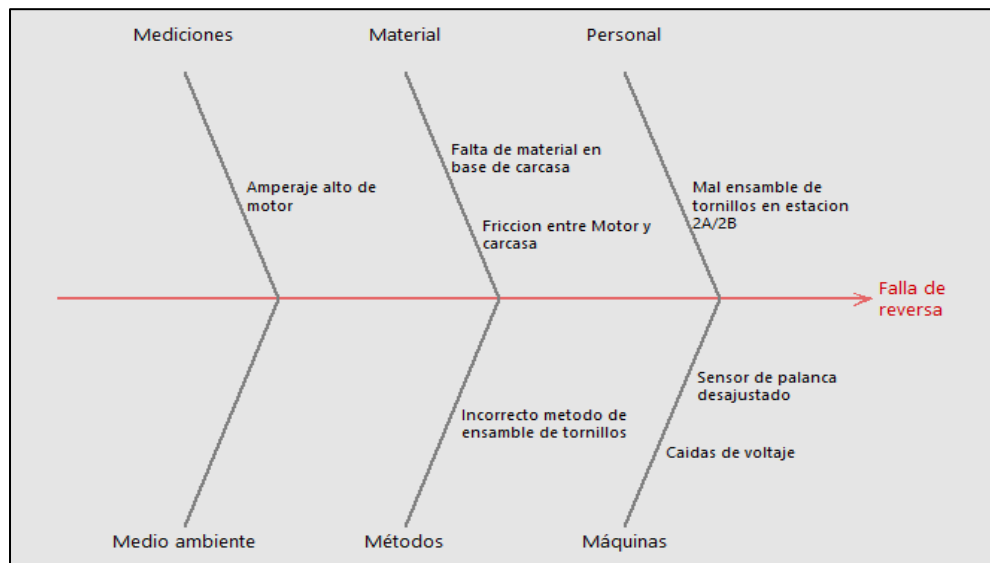


Figura 5.8 Diagrama de Causa y Efecto

### 5.3.2. Selección de las Principales Causas

Las causas consideradas como importantes fueron: a) Amperaje alto de motor, b) Caídas de voltaje y c) Sensor de palanca desajustado.

a) Amperaje alto de motor: 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 genera amperaje alto de motor. El mal ensamble de los tornillos también afecta en el amperaje alto del motor, ya que con el defecto encontrado en la base de la carcasa y el incorrecto método de ensamble de los tornillos aumenta el defecto de amperaje alto y de falla de reversa.

b) 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 verificó 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.

c) 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, este género que la palanca excediera en tiempo de regreso y generaba el defecto de falla de reversa.

## **5.4. 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.

### **5.4.1. Generación de Posibles Soluciones para KPIV's**

De acuerdo con el 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 5.9.

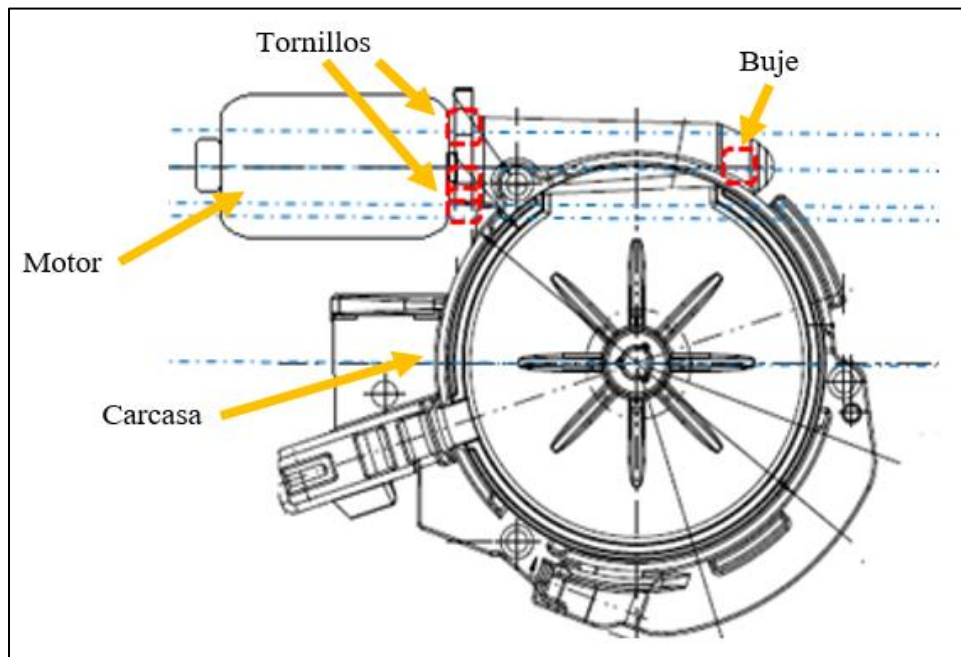


Figura 5.9 Subensamblado de Motor

Debido a la falta de material e imperfecciones en la base del motor, ver figura 5.10, se notificó al proveedor de la carcasa del motor sobre la deficiencia encontrada, el proveedor notificó 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 5.11.



Figura 5.10 Carcasa de Motor

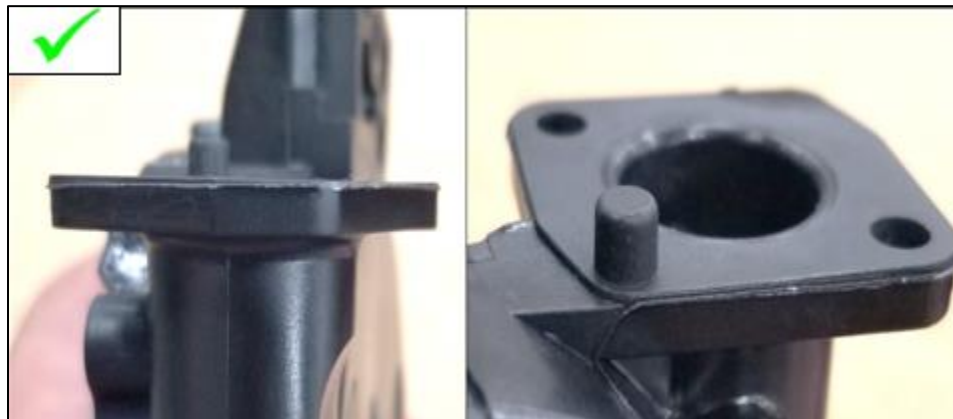


Figura 5.11 Base de Carcasa Mejorada

En la estación #2 para verificar que el motor cumpla con el amperaje correcto se agregó la detección en el programa de la máquina para que el operador verifique la razón del rechazo del subensamble, el amperaje del motor no debe de exceder los 0.8 amperes, ver figura 5.12.

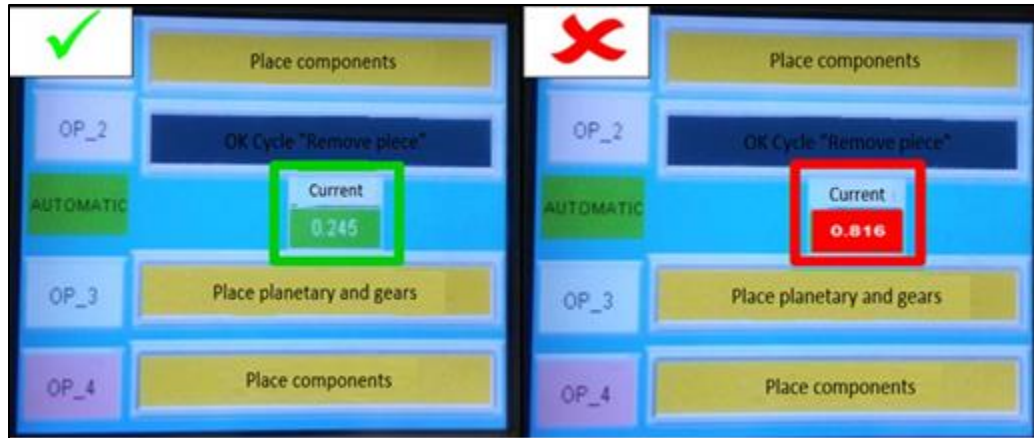


Figura 5.12 Izquierda: Motor con Corriente Aceptable. Derecha: Corriente de Motor Alta.

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 5.13.



Figura 5.13 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 quedó registrado en la hoja de elemento de trabajo para entrenamiento del operador, ver figura 5.14.


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

Figura 5.14 Hoja de elemento de trabajo

En la estación #3 se agregó la misma detección de amperaje en el subensamble del motor en el programa de la máquina, ver figura 5.15, ya que en esta estación se realiza la prueba funcional al subensamble, al momento de colocar los componentes restantes la pieza empieza a tener más carga y el amperaje incrementa.



Figura 5.15 Izquierda: Motor con Corriente Aceptable. Derecha: Corriente de Motor Alta.

- b) Prueba funcional final: Para controlar las caídas de voltaje en la probadora final, se amplió la especificación de 6.00-6.20 volts en el programa de la máquina para compensar el voltaje que llega al conector de la máquina, ver figura 5.16 y 5.17.

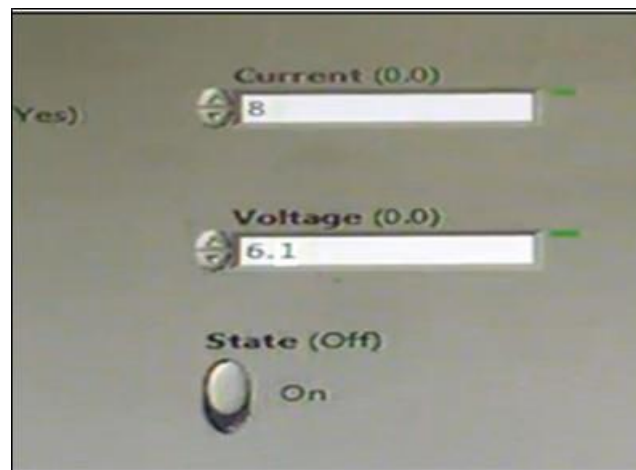


Figura 5.16 Programa de Maquinaria



Figura 5.17 Prueba de Conector con Multímetro, 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 5.18.

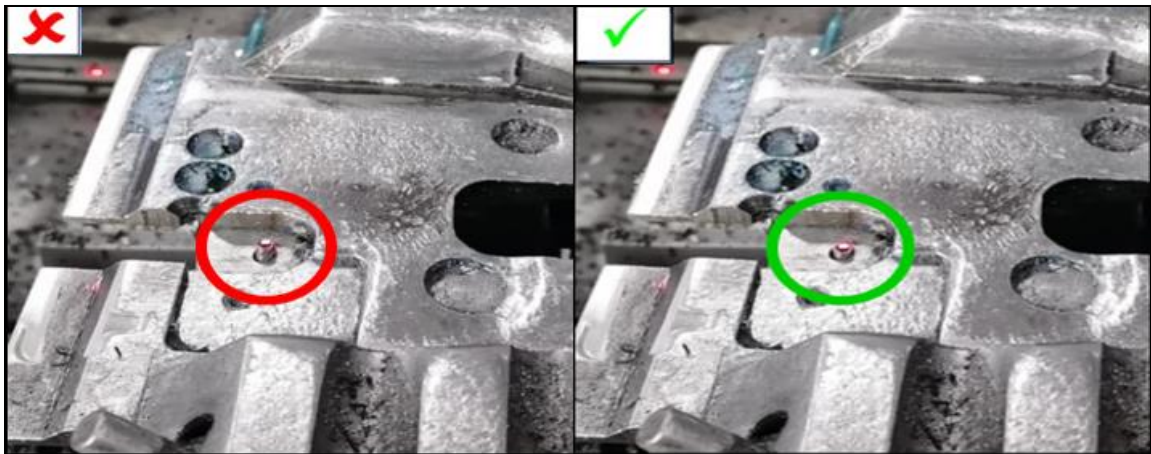


Figura 5.18 Izquierda: Sensor Fuera de Posición. Derecha: Sensor Ajustado

### 5.4.2. Evaluación del Impacto de las Mejoras

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 él 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 5.1.

Tabla 5.1 Datos de Antes y Después de Mejoras Implementadas

Piezas defectuosas de falla de reversa		
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

Se realizó la prueba en Minitab con los datos obtenidos, el resultado obtenido es que existe diferencia estadística entre él 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 5.19.

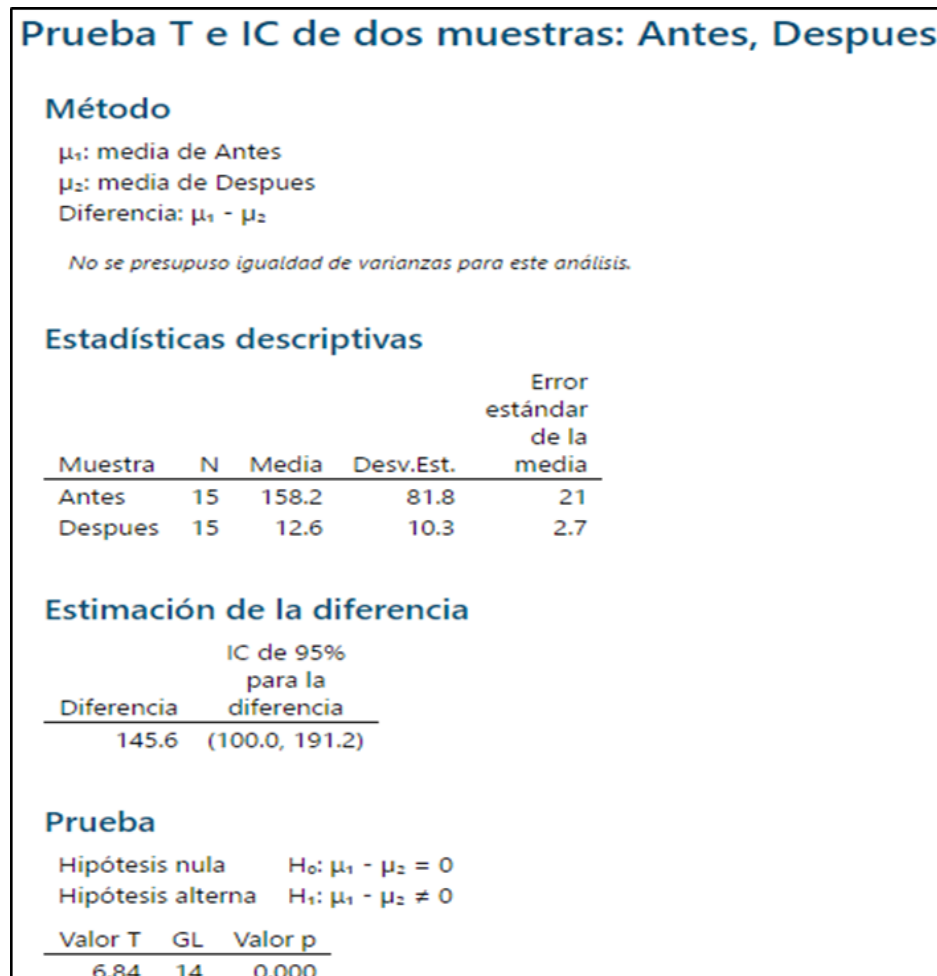


Figura 5.19 Resultado de Minitab

La gráfica de caja demuestra la distribución de los datos y que existe diferencia estadística entre él antes y después, también demuestra que existe asimetría hacia la izquierda entre los datos de ambas gráficas, ver figura 5.20.

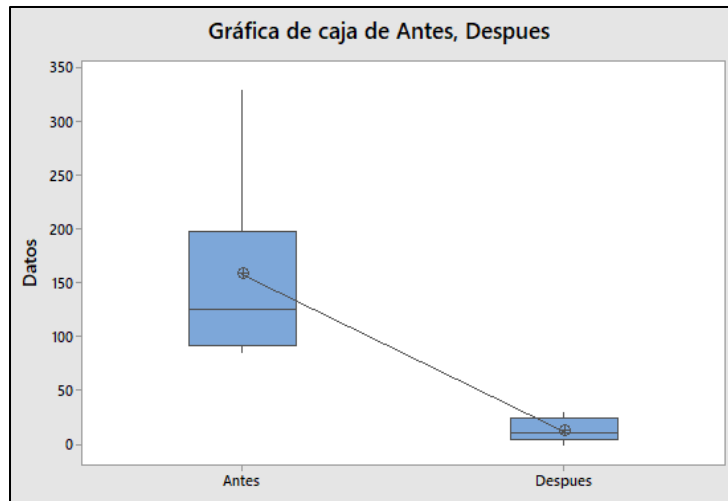


Figura 5.20 Gráfica de Caja

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 5.21.

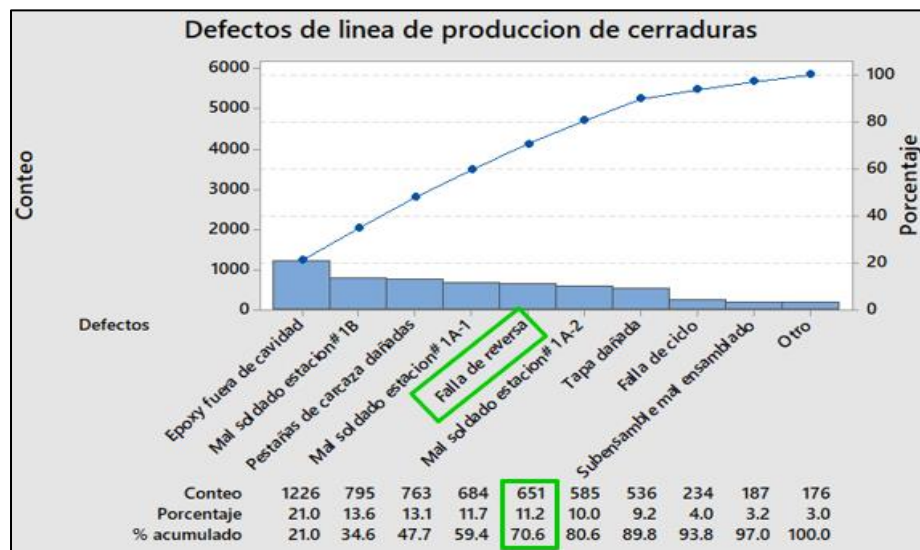


Figura 5.21 Pareto de Defectos

Se comparó 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 representó el 43.6% de los defectos, ver figura 5.22. Después de la implementación de las mejoras en el 2020, la cantidad de defectos disminuyó a 651 piezas defectuosas y que representó el 11.2%, ver figura 5.23, 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 5.22 Cantidad y Porcentaje de Defectos del 2019

Conteo	651
Porcentaje	11.2
% acumulado	70.6

Figura 5.23 Cantidad y Porcentaje de Defectos del 2020

## 5.5. Control

Con el fin de lograr mantener estable el proceso, se definieron los controles para el amperaje correcto del motor y caídas de voltaje dentro de los límites establecidos en el equipo atornillado de motor y equipo de prueba funcional final.

### 5.5.1. Determinación de los Controles para las KPIV's

Para ayudar al operador a que el amperaje sea menor a 0.8 amperes si la pieza es rechazada después del atornillado, se colocó una fixtura en la parte de atrás de la máquina para que la pieza sea ciclada y pierda fricción los componentes, ver figura 5.24, también se colocó una fuente de poder para que el operador verifique que el amperaje haya disminuido en la pieza, ver figura 5.25.

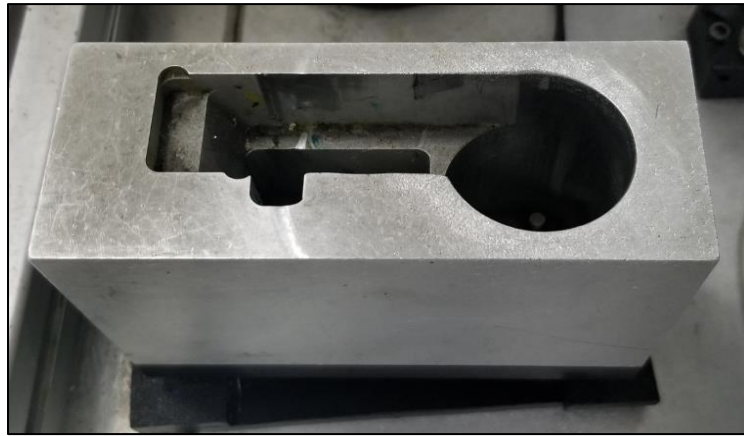


Figura 5.24 Fixtura de Ciclado



Figura 5.25 Fuente de Poder



En la estación #2 se agregó la verificación diaria en la lista de revisión de mantenimiento donde el técnico de soporte técnico verificara que el parámetro máximo de amperaje sea 0.8 amperes, ver figura 5.26.

<b>Ensamble de motor y actuador de pulley Sta. 2</b>	7.-Revisar que el clamp sujetador de housing funcione adecuadamente.
	8.-Verificar que el balancin del atornillador no este vencido y funcione correctamente.
	9.-Verificar que el atornillador este correctamente sujeto a la base.
	10.-Revisar que los depositos de grasa para actuador pulley y planetary gear se encuentre dentro de los niveles maximo y minimo, llenar dentro de los niveles si es necesario.
	11.-Revisar que las mangueras de grasa no presenten fugas.
	12.-Comprobar que las fixturas para engrasado funcionen correctamente, y no contengan alguna basura obstruyendo el paso de la grasa.
	13.- Limpiar y revisar los depositos de grasa.
	14.- Compruebe que el sensor inductivo para sensar motor funcione correctamente.
	15.-Verificar en panel el parámetro máximo de corriente sea 0.8 Ampers .
	16.- Verificar que el atornillador cuente con los dos balancines, de no ser así colocar los balancines faltantes.
	17.- Revisar que la cuerda del balancin se encuentre en buenas condiciones (Que no se encuentre deshilado, dañado, retrabajado,etc.), de ser necesario reemplazarlo.
	18.- Revisar condiciones de alambre acerado de seguridad. Si este se encuentra deshilado, dañado o fracturado. realice el reemplazo.

Figura 5.26 Lista de Revisión de Mantenimiento de Estación #2

En la estación #3 se agregó la verificación diaria en la lista de revisión de mantenimiento donde el técnico de soporte técnico verificará que el parámetro máximo de amperaje sea 0.8 amperes, ver figura 5.27.

<b>Prueba funcional Sta. 3</b>	2.-Verificar condicion de la punta del atornillador en caso de daño reemplace.
	3.-Verifique el correcto funcionamiento de paro de emergencia.
	4.-Verifique que las cortinas de seguridad funcionen correctamente interrumpiendo el ciclo.
	5.-Verifique que las mangueras de aire esten bien ruteadas, y que no presenten fugas.
	6.-Verificar el ajuste correcto de cables.
	7.-Revise que el nido para la colocación de plate este en condiciones optimas para un correcto funcionamiento
	8.-Verificar en panel el parámetro máximo de corriente sea 0.8 Ampers .
	9.- Revisar el correcto funcionamiento del sensor para el cable ASM actuador
	10.-Compruebe el correcto estado y funcionamiento de las fibras y sensores.
	11.- Verificar que el atornillador cuente con los dos balancines, de no ser así colocar los balancines faltantes.
	12.- Revisar que la cuerda del balancin se encuentre en buenas condiciones (Que no se encuentre deshilado, dañado, retrabajado,etc.), de ser necesario reemplazarlo.
	13.- Revisar condiciones de alambre acerado de seguridad. Si este se encuentra deshilado, dañado o fracturado, realice el reemplazo.

Figura 5.27 Lista de Revisión de Mantenimiento de Estación #3

En la estación #13 de la prueba funcional se agregó la verificación diaria de caídas de voltaje de los conectores que ensamblan en la cerradura, se agregó a la lista de revisión de mantenimiento la verificación por parte del equipo de soporte técnico, ver figura 5.28.

<b>Prueba Funcional Sta. 13</b>	1.-Verifique que la presión en el manometro principal de la unidad de mantenimiento se encuentre en 80 Psi +/- 10 Psi.
	2.-Verifique que las mangueras se encuentren correctamente ruteadas y que no presenten fugas.
	3.-Verifique que los dispositivos de seguridad funcionen correctamente (cortinas, Switch ).
	4.-Verifique que los nidos se encuentren en optimas condiciones para trabajar, que no presenten suciedad o quebraduras.
	5.-Verifique que el brazo YASKAWA este bien atornillado a su base.
	6.-Verifique que la bomba de grasa este llena dentro de los limites maximo y minimo. Llenar si es necesario.
	7.-Verifique con el multmetro en el conector de la probadora que el voltaje este entre 6.0 a 6.2 volts
	8.-Verifique que las mangueras de grasa no presenten fugas, y la graserá funcione correctamente.
	9.-Verificar que el cilindro de giro identificado como (RELEASE) su angulo inicial sea de 0 grados
	10.-Verificar que el cilindro de giro identificado como (RELEASE) su angulo final sea de 44 grados aproximadamente
	11.- Revisar que el cilindro STRIKER RETRAIDO el presostato (1) la presión sea de 10 Psi +/- 2 Psi
	12.-Revisar que el cilindro STRIKER EXTENDIDO el presostato (2) la presión sea de 80 Psi +/- 10 Psi
	13.- Revisar que el cilindro RELEASE el presostato (3) la presión sea de 36 Psi +/- 5 Psi

Figura 5.28 Lista de Revisión de Mantenimiento de Estación #13

## 5.5.2. Actualización de AMEF y Plan de Control

Con el fin de documentar y facilitar la estandarización, los cambios propuestos en los parámetros del equipo fueron registrados en el AMEF de proceso y plan de control del producto analizado. Las figuras 5.29 y 5.30 muestran los cambios efectuados en el AMEF del área de subensamble de motor las estaciones #2 y 3 y la figura 5.31 muestra los cambios a efectuados en la prueba funcional de la cerradura en la estación #13.

Step Process / Functions	Requirements	Potential Failure Mode	Potential effect(s) of failure	Severity	Classification	Potential Cause (s) of Failure	Controls PREVENTION	Occurrence	Controls DETECTION	Detection	RPN	Priority Level
St#2 Subassy motor and Assembly planetary Gears	Correct amperage	High motor amperaje	Supplier: scrap some product (7) GM Plant: No effect (1) Final user: No effect (1) Government: No effect (1)	7		1. Incorrect Set-Up on Equipment	1. Set Up Instruction / Preventive Maintenance Plan	2	a) Visual (7) b) Manual cycle in station (3) Add a diuse to apply current to the motor  -Add a power supply to check the amperage in the piece while the operator assembles the 2 screws Amperage must be less than 0.8A  - Add a fixture and sensor to the operator always make the correct sequence to assemble the screws	3	42	2

Figura 5.29 AMEF de Estación #2

Step Process / Functions	Requirements	Potential Failure Mode	Potential effect(s) of failure	Severity	Classification	Potential Cause (s) of Failure	Controls PREVENTION	Occurrence	Controls DETECTION	Detection	RPN	Priority Level
St# 3 Final test and packing	Correct cycle of the motor	Reverse Fault	Supplier: Some product reworked off-line (5) GM Plant: No effect (1) Final user: No effect (1) Government: No effect (1)	5		1. Operator is not trained to perform this operation. 2. Work instruction is not clear for the operator. 3. Incorrect Set-Up on Equipment.	1. Training Plan to all Operators. 2. Standardized Sheets are designed by Manufacturing team and approved by training team, quality and team leader. 3. Set Up Instruction	2	a) Power supply to check the amperage in the piece while the operator assembles the 2 screws amperage must be less than 0.8A (4) b) Functional test in station (3)	3	30	3

Figura 5.30 AMEF de Estación #3

Step Process / Functions	Requirements	Potential Failure Mode	Potential effect(s) of failure	Severity	Classification	Potential Cause (s) of Failure	Controls PREVENTION	Occurrence	Controls DETECTION	Detection	RPN	Priority Level
St#13 Functional test	Correct test of the latch	3.0 failure test	Supplier: some product reworked off-line (5) GM Plant: 100% of product reworked off-line (6) Final user: Back door will open late, Loss of secondary function (6) Government: No effect (1)	6		1. Incorrect Set-Up on Equipment.	1. Set Up Instruction / Preventive Maintenance Plan.	2	a) Functional test in station (3)	3	36	2

Figura 5.31 AMEF de Estación #13

Las figuras 5.32 y 5.33 muestran los cambios efectuados en el plan de control del área del subensamblado de motor de las estaciones #2 y 3 y la figura 5.34 muestra los cambios efectuados en la prueba funcional de la cerradura en la estación# 13.


Part/ Process Number	Process Name Operation Description	Machine Device Jig Tools for Manufacturing	Characteristics			Special Characteristic Classification	Methods				
			No.	Product	Process		Product/Process Specification/Tolerance	Evaluation/Measurement Technique	Sample		Control Method
									Size	Freq.	
ST#2	Subassy motor and Assembly planetary Gears		2		Shaft Self-Alignment Technique during screw assembly	 SMO3 Critical Characteristic	During assembly of Motor to housing thru fastener assembly. Actuator Assembly less than pulley, cover and cable is required to be run @ 16V to ensure all actuators received by ST3 and released to Latch Line have <0.8 amps of Current draw to prevent reverse failure (high amperage) during neutralization of cinch lever before 3.0 seconds @ 6V @ Latch Level	Confirmation of Parameters on Power Supply and PLC  Line 1: FPO-0050 Line 2: FPO-0040	100%	On going	Work instruction 09L4J025-01  Checklist 10L4J013-04

Figura 5.32 Plan de Control de Estación #2

Part/ Process Number	Process Name Operation Description	Machine Device Jig Tools for Manufacturing	Characteristics			Special Characteristic Classification	Methods				
			No.	Product	Process		Product/Process Specification/Tolerance	Evaluation./Measurement Technique	Sample		Control Method
									Size	Freq.	
ST#3	Final test and packing		1	Current draw detected while cycling the pulley prior to cable assembly		Current draw must be below 0.8 Amps to prevent Reverse Failure @ Latch Level	Detection on PLC @ ST#3  5 samples /line  Dummy part (DP-02)	100%	On going  Once  Once	Per Shift  Per Shift	Work Instruction 09L4J025-01  Process Release Checklist 10L4J024-08  Dummy part checklist 10L4J024-06

Figura 5.33 Plan de Control de Estación #3

Part/ Process Number	Process Name Operation Description	Machine Device Jig Tools for Manufacturing	Characteristics			Special Characteristic Classification	Methods			
			No.	Product	Process		Product/Process Specification/Tolerance	Evaluation./Measurement Technique	Sample	
									Size	Freq.
ST 13	Functional test		7	Travel of cinch lever		To close PRR 692199, 691906, 690680 and 699125, Cinch Lever must travel back and forth without experiencing obstruction  Modification of voltage in EOL's panel view of 6.0 v to 6.2 v to get the correct voltage in the connector tester of both side of 6.0 v.	Automated inspection  Correct process release	100%	1 time	Every part by test machine  Beginning of the shift

Figura 5.34 Plan de Control de Estación #13

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el siguiente capítulo se presentan las conclusiones que se generaron a través del desarrollo de la presente investigación.

### 6.1. Conclusiones

La presente investigación tenía como objetivo general la reducción del número de defectos de falla de reversa. Los cuales representaban en el 2019 el 43.6% de los defectos de la línea de producción de cerraduras. La metodología Seis Sigma tuvo un impacto positivo en el proceso en general y ayudó a reducir el defecto. Con el fin de determinar las causas de dicha falla se inició esta investigación utilizando la metodología DMAIC de Seis Sigma partiendo de dos hipótesis. A continuación, se muestra el resultado obtenido al investigar cada una de ellas.

**H<sub>1</sub>: El desajuste de la maquinaria y la variabilidad de los componentes son los que generan el defecto de falla de reversa.**

Evaluación:

Durante la fase de análisis de esta investigación se evaluaron las diferentes causas potenciales al utilizar el diagrama de causa y efecto: a) Amperaje alto de motor, b) Caídas de voltaje y c) Sensor de palanca desajustado.

De lo cual se comprueba la hipótesis que el desajuste de la maquinaria y la variabilidad de los componentes son los que generan el defecto de falla de reversa. Al atacar estos defectos se comprobó que se puede disminuir el defecto de falla de reversa en un 30%.

**H2: Se espera reducir el 30% del defecto de falla de reversa utilizando la metodología DMAIC de Seis Sigma.**

Evaluación:

Durante la fase de mejora se comprobó la reducción del defecto de falla de reversa y que existe diferencia entre él 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.

## **6.2. Recomendaciones**

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 con sus necesidades, objetivos, estructura organizacional y cultura. Las herramientas y técnicas deberán ser utilizadas en función de un problema, pero no de manera inversa.

## REFERENCIAS

- Adams, C. W.; Gupta, P.; Wilson JR., C. E. (2003) Six Sigma deployment, Elsevier Science, Burlington USA.
- 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.
- Arturo Ruiz-Falcó Rojas (2009). Introducción a Seis Sigma
- Berling, C., 2000. Continuous improvement as seen from groups and improvement agents. *Total Quality Management* 11 (4–6), 484–489.
- Bessant, J., Caffyn, S., Gallagher, M., 2001. An evolutionary model of continuous improvement behavior. *Technovation* 21, 67–77.
- Brunet, A.P., New, S., 2003. Kaizen in Japan: an empirical study. *International Journal of Operations and Production Management* 23 (12), 1426–1446.
- Chih Wei Wua, Chyong Ling Chen (2006). An integrated structural model toward successful continuous improvement activity.
- Christer Karlsson, Pär Åhlström (1996). Assessing changes towards lean production. Stockholm School of Economics, Sweden.
- Caffyn, S., 1999. Development of a continuous improvement self-assessment tool. *International Journal of Operations and Production Management* 19 (11), 1138–1153.
- Dale, B. G.; Wiele, T.; Iwardeen, J. (2007) *Managing Quality*, 5th Edition, Blackwell Publishing Ltd., Oxford.
- Delbridge, R., Barton, H., 2002. Organizing for continuous improvement: structures and roles in auto components plants. *International Journal of Operations and Production Management* 22 (6), 680–692.
- Deming, W.E., 1986. *Out of the Crisis*. MIT Press, Cambridge.
- Deming, W. E. (1993) *The new economic for industry, government, education*, MIT Center for Advanced Engineering Studies, Cambridge, MA.
- Escalante, E. 2003, *Seis-Sigma Metodología y Técnicas*, Limusa Noriega Editores, México D.F.



- 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.
- 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).
- González, F. (2007). Manufactura esbelta (Lean Manufacturing). Principales herramientas. *Revista Panorama Administrativo*. Año 1 No. 2. Págs. de 86-112.
- Hammer, M.; Goding, J. (2001) Putting Six Sigma in perspective, *Quality*, v. 40,n. 10, p. 58-63.
- Humberto Gutiérrez Pulido, Román de la Vara Salazar (2009). Control estadístico de calidad y Seis Sigma.
- Hernández J. & Vizán A., (2013). Lean manufacturing: Concepto, técnicas e implantación.
- Imai, M., 1986. *Manufacturing Strategy—the Strategic Management of the Manufacturing Function*. Macmillan Education, London.
- Jay, A. (2003). *Six Sigma Simplificado*. México: Panorama.
- José Vargas-Hernández, Gabriela Muratalla-Bautista, María Jiménez-Castillo (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?
- Latzko, W.J., Saunders, D.M., 1996. *Four Days with Dr Deming—A Strategy for Modern Methods of Management*. Addison-Wesley Publishing Company, New York.
- Linderman, K., Shroeder, R., Zaheer, S., & Choo, A. (2003). *Six Sigma: A Goal-theoretic Perspective*.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing. What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6): 662–673.
- Omachonu, V. K.; Ross, J. E. (2004) *Principles of total quality*, 3rd Edition, CRC Press LLC, Florida.
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2002). *Las claves del Seis Sigma*. Madrid: McGraw Hill / Interamericana.
- Pande P. Neuman R. y Cavanagh R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Companies are Honing Their Performance*. Mc Graw Hill. USA.
- Pearlstein, S. 2006, *GE`s Wealth of Free Advice*.

- Pervaiz, K.A., Loh, A.Y.E., Zairi, M., 1999. Cultures for continuous improvement and learning. *Total Quality Management* 10 (4 and 5), 426–434.
- 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.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean manufacturing: La evidencia de una necesidad*. México. Ediciones Díaz de Santos.
- Rueda, E., (2007). *Aplicación de la metodología seis sigmas y lean manufacturing para la reducción de costos, en la producción de jeringas hipodérmicas desechables*. (Tesis Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional).
- Santiesteban, M. (2011). *Marketing, relaciones públicas, gerencia y NTICs a las puertas del siglo XXI*.
- Shankar, R. (2009). *Process improvement. Using Six Sigma. A DMAIC guide*, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Stamatis, D. H. (2004) *Six Sigma fundamentals: a complete guide to the system, methods and tools*, Productivity Press, New York.
- Tejeda, A. (2011). Red de revistas científicas de Latinoamérica, España y Portugal. *Mejoras de lean manufacturing en los sistemas productivos*. 36(2), pp. 276-310.
- Wu, C.W., 1988. A study of QCC representation pattern in Taiwan. *ICQCC*, Taiwan (in Chinese).
- Wu, C.W., Chen, C.L., 2004. A new focus on overcoming the improvement failure. *Technovation* 24, 585–591.

## GLOSARIO

**Amperaje:** Un ampere es una unidad que mide la intensidad de una corriente eléctrica, definiéndola como el paso de una carga eléctrica por unidad de tiempo.

**Carcasa:** Armazón exterior de una cosa.

**Cerradura automotriz:** Una cerradura es un mecanismo de metal que se incorpora a la cajuela, cofre y puertas.

**Defecto:** Imperfección o falta que tiene alguien o algo en alguna parte o de una cualidad o característica.

**Diagrama de Pareto:** Gráfica de barras donde los valores graficados están organizados de mayor a menor.

**Fricción:** Es la fuerza que se opone al movimiento de deslizamiento que se produce por el contacto entre dos superficies

**Metodología:** Conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar el objetivo o la gama de objetivos que rige una investigación científica, o tareas que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos.

**MINITAB:** Es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas.

**Módulo:** Es el sistema integrado que se utiliza para controlar las funciones del sistema eléctrico dentro de un vehículo a motor.

**Parámetros:** Dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación.

**Probadora Eléctrica:** Maquinaria que sirve para verificar la funcionalidad eléctrica de una pieza, verificando las especificaciones requeridas.

**Quinta puerta:** Puerta trasera de camioneta.

**Seis Sigma:** Es una metodología de trabajo aplicada a la empresa cuyo objetivo es medir la eficiencia operativa de la empresa y buscar soluciones y alternativas para mejorarla.

**Segregar:** Separar o apartar una cosa de otra que es no conformante.

**Subensamble:** Sub-partes que conforman al ensamble.

**Voltaje:** la cantidad de voltios que actúan en un aparato o en un sistema eléctrico.