EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Matamoros

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA DMAIC PARA LA REDUCCION DE SCRAP EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

GILBERTO EZEQUIEL VILLAFRANCA DIAZ DE LEON

DIRECTOR DE TESIS

APOLINAR ZAPATA REBOLLOSO

H. Matamoros, Tamaulipas, México octubre de 2024

Excelencia en Educación Tecnológica®
Tecnología es progreso®

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATAMOROS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA DMAIC PARA LA REDUCCION DE SCRAP EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

GILBERTO EZEQUIEL VILLAFRANCA DIAZ DE LEON

DIRECTOR:

APOLINAR ZAPATA REBOLLOSO

ASESORES:

CLAUDIO ALEJANDRO ALCALA SALINAS

JOSÉ JAVIER TREVIÑO URIBE

H. Matamoros, Tamaulipas, México octubre 2024

AUTORIZACIÓN DE USO DE DERECHOS DE AUTOR OTORGADO POR

Gilberto Ezequiel Villafranca Díaz de León, mayor de edad, con domicilio ubicado en H. Matamoros Tamaulipas, en mi calidad de titular y autor de la tesis denominada Implementación de la metodología DMAIC para la reducción de scrap en la industria automotriz quien para todos los fines del presente documento se denominará **EL AUTOR Y/O TITULAR**, suscribo el presente documento de autorización de uso de derechos patrimoniales de autor a favor del Instituto Tecnológico de Matamoros el cual se regirá por clausulas siguientes:

PRIMERA – AUTORIZACIÓN: EL AUTOR Y/O TITULAR, mediante el presente documento autoriza la utilización de los derechos patrimoniales de autor al Instituto Tecnológico de Matamoros, de la tesis denominada Implementación de la metodología DMAIC para la reducción de scrap en la industria automotriz, a través del Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo TecNM) y en el Repositorio Nacional, que puede ser consultado en la liga electrónica: (https://www.repositorionacionalcti.mx/).

SEGUNDA - OBJETO: Por medio del presente escrito, **EL AUTOR Y/O TITULAR** Autoriza al Instituto Tecnológico de Matamoros, a través del Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo TecNM) y en el Repositorio Nacional para que de conformidad con la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, use los derechos del documento antes referido, con fines exclusivamente académicos.

TERCERA - TERRITORIO: Los derechos aquí Autorizados se dan sin limitación geográfica o territorial alguna.

CUARTA – ALCANCE: La presente autorización se da tanto para formato o soporte material, y se extiende a la utilización en medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar conocido o por conocer, del ejemplar o número respectivo de la publicación.

QUINTA – EXCLUSIVIDAD: La autorización de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Matamoros. Por lo tanto, **EL AUTOR Y/O TITULAR** en su carácter de autor de la obra objeto del presente documento se reserva el derecho de publicar directamente, u otorgar a cualquier tercero, autorizaciones de uso similares o en los mismos términos aquí acordados.

SEXTA - DERECHOS MORALES (Créditos y mención): La Autorización de los derechos antes mencionados no implica la cesión de los derechos morales sobre los mismos por cuanto en conformidad con lo establecido en los artículos 18, 19, 20, 21, 22 y 23 de la Ley Federal de Derechos de Autor, dada la cuenta que estos derechos son inalienables, imprescriptibles, irrenunciables e inembargables. Por lo tanto, los mencionados derechos seguirán radicados en cabeza de EL AUTOR Y/O TITULAR, y siempre deberá mencionarse su nombre cuando se utilice la obra.

SÉPTIMA - AUTORIA: EL AUTOR Y/O TITULAR, declara y ratifica que el material objeto de la presente y fue realizada por él (o ella) sin violar o usurpar derechos de Propiedad Intelectual de terceros.

H. Matamoros, Tamps. a 24 días del mes de septiembre de 2024.

Autor de la Tesis	**Asesor de la Tesis**
Gilberto E. Villafranca.	
Gilberto Ezequiel Villafranca Díaz de León	**Claudio Alcalá Salinas**
CVU: 1200187	**CVU: 658146**

Declaración de originalidad y no plagio

El, (La) que suscribe y firma la presente carta de originalidad, **Gilberto Ezequiel Villafranca Díaz de León**, autor (a) de la Tesis: **"IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA DMAIC PARA LA REDUCCION DE SCRAP EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ"** para obtener el Título de ***Maestro en Administración Industrial,*** declara que la tesis es una **obra original** que no infringe los derechos de propiedad intelectual.

El trabajo terminado fue sometido al Software ***Turnitin***, el cual mostró un porcentaje del 7% plagio, cumpliendo con el límite permitido por la institución.

Del mismo modo, asumo frente al Tecnologico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la falta de originalidad de su contenido.

Atentamente

Gilberto E. Villafranca.

Gilberto Ezequiel Villafranca Díaz de León

Nombre y firma del alumno

H. Matamoros, Tamaulipas a 23 de julio de 2024

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Matamoros
División de Estudios de Posgrado e Investigación

H. Matamoros, Tamaulipas a, 06/agosto/2024
OFICIO No.: 547/2024 D.E.P.I.

M.C. CLAUDIO ALEJANDRO ALCALÁ SALINAS
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN
PRESENTE

Por este conducto, le comunicamos que una vez efectuada la revisión individual del trabajo de tesis del **C. GILBERTO EZEQUIEL VILLAFRANCA DÍAZ DE LEÓN,** cuyo título es: **"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC PARA LA REDUCCIÓN DE SCRAP EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ",** y habiendo realizado las observaciones pertinentes nos reunimos en la Sala de Juntas de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), para emitir **DICTAMEN,** el cual es **APROBADO.** Por lo cual nos permitimos autorizarla para que proceda a la impresión de la misma y pueda continuar con los trámites correspondientes, para la obtención del grado de Maestro en Administración Industrial.

A T E N T A M E N T E

DR. APOLINAR ZAPATA REBOLLOSO
DIRECTORA DE TESIS

M.C. CLAUDIO ALEJANDRO ALCALÁ SALINAS
MIEMBRO DEL COMITÉ REVISOR

M.I.I. JOSÉ JAVIER TREVIÑO URIBE
MIEMBRO DEL COMITÉ REVISOR

c.c.p. Interesado(a).
c.c.p Servicios Escolares
c.c.p. Comité Revisor
c.c.p. Div. Est. de Posgrado/ Coordinación

Agradecimientos

Agradezco a mi familia por el apoyo brindado durante toda mi carrera académica, en especial a mis padres que desde muy pequeño me orientaron hacia la búsqueda de la excelencia en cada tarea realizada. Como mención especial a mi esposa que en los últimos años que ha estado a mi lado ha sido un apoyo incondicional, y, por último, pero no menos importantes a mis hijos que son una fuente de motivación interminable.

Agradezco a todos los maestros que han puesto un granito de arena a lo largo de todos estos años de estudio, que han ayudado a formar la persona que soy ahora. A todos los demás que por algún motivo no estos mencionando en este texto, pero contribuyeron de alguna u otra manera, gracias también.

Gilberto Villafranca.

Resumen

El siguiente proyecto se desarrolló en una empresa de ramo automotriz donde se encontró que los métricos de scrap a nivel planta estaban por arriba de los presupuestado. Por lo tanto, se determinó un proyecto para para tratar de contribuir a la disminución de los costos de scrap.

Con el fin de identificar los principales contribuidores a la condición previamente indicada se realizó una investigación para detectar el área de producción con mayores costos de scrap y después de identifico la razón de scrap que más aportaba rechazos, en este caso fue el modo de falla de forkbolt lento que se detecta en la linea GEN 2. Al conocer esta información el objetivo planteado fue disminuir al menos en un 50% el promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023.

La metodología utilizada para lograr el objetivo propuesto fue el proceso DMAIC la cual consta de 5 fases que se son:

1. Definir: Se definió el problema de manera profunda para tener un panorama amplio de la situación que se tenía en ese momento.
2. Medir: Se valido el método de medición para asegurar que los criterios de detección de la falla sean los correctos y que el método se esté validando de manera periódica.
3. Analizar: Se utilizaron herramientas como ES O NO ES y el diagrama de pescado para a identificación del mayor contribuidor al problema.
4. Mejorar: Se determinaron las acciones necesarias para eliminar el principal contribuidor y buscar el cumplimiento del objetivo principal.
5. Controlar: Se determinar acciones sistemáticas y de seguimiento para que las acciones correctivas y la condición lograda después de la implementación se mantengan a través del tiempo, así como la evaluación de efectivan del proyecto a largo plazo.

Durante este proceso también se utilizaron recurso como el programa Minitab y Excel para el manejo y una mejor comprensión de los datos mediante graficas.

Como conclusión se determinó que la metodología DMAIC ayudo a la disminución de los costos de scrap de la razón de forkbolt lento en un 72% en el periodo posterior a la implementación de las acciones correctivas.

Abstract

The following project was developed in an automotive industry company where it was found that the scrap metrics at the plant level were above those budgeted. Therefore, a project was determined to try to contribute to the reduction of scrap costs.

In order to identify the main contributors to the previously indicated condition, an investigation was carried out to detect the production area with the highest scrap costs and after identifying the scrap reason that contributed the most to rejections, in this case it was the failure mode of slow forkbolt that is detected in the GEN 2 line. Upon knowing this information, the objective set was to reduce by at least 50% the monthly average of scrap costs due to the slow forkbolt condition, taking into consideration the months of August, September and October 2023.

The methodology used to achieve the proposed objective was the DMAIC process, which consists of 5 phases:

1. Define: The problem was defined in depth to have a broad overview of the situation that existed at that time.

2. Measure: The measurement method was validated to ensure that the failure detection criteria are correct, and that the method is being validated periodically.

3. Analyze: Tools such as IT IS OR IT IS NOT, and the fish diagram were used to identify the largest contributor to the problem.

4. Improve: The necessary actions were determined to eliminate the main contributor and seek fulfillment of the main objective.

5. Control: Systematic and follow-up actions are determined so that the corrective actions and the condition achieved after implementation are maintained over time, as well as the evaluation of the effectiveness of the project in the long term.

During this process, resources such as the Minitab and Excel programs were also used for the management and better understanding of the data through graphs.

In conclusion, it was determined that the DMAIC methodology helped reduce scrap costs from the slow forkbolt condition by 72% in the period after the implementation of the corrective actions.

Introducción

El tema principal de esta tesis es la implementación de la metodología DMAIC para la reducción de scrap en la industria automotriz como el uso de estas metodologías requieren un objetivo en concreto se determinó como objetivo general el objetivo el disminuir al menos en un 50% el promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023.

Esta tesis se base en la teoría ya existe para ser implementado en un caso práctico para ver si contribuye o no a la meta, los resultados obtenidos fueron favorables y se concluyó que la metodología si es útil para este tipo de casos.

Por último, se describe la estructura de esta tesis la cual está compuesta de los siguientes capítulos:

1. Generalidades del problema: se determina la definición de problema, los objetivos y las hipótesis a su alrededor.
2. Fundamentos teóricos: Se describe la informacion ya conocida con respecto al tema que se está abordando.
3. Metodología: Se describe el método y se implemente en un caso práctico con el fin de lograr los objetivos previstos.
4. Resultados: Se presentan los resultados del proyecto ya implementado.
5. Conclusiones: Despues del análisis de los resultados se concluye si estos contribuyen o no a los objetivos del proyecto.

Índice

Contenido

Cesión de derechos ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Carta de No Plagio ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Oficio de liberación ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Agradecimientos 6
Resumen 7
Abstract 9
Introducción 11
Índice 12
Índice de Tablas 15
Índice de Figuras 15
Índice de Anexos 16
CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA 18
1.1. Descripción del problema 18
1.2. Planteamiento del Problema 18
1.3. Objetivos 20
1.3.1. Objetivo general 20
1.3.2. Objetivos secundarios 22
1.4. Hipótesis 22
1.4.1. Hipótesis general 22
1.4.2. Hipótesis secundarias 23
1.5. Justificación 23
1.6. Variables e indicadores 24
CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS 25
2.1. Marco conceptual 25

2.1.1 Scrap / Material no conforme 25
2.1.2 Costos de la no calidad 25
2.1.3 Partes por millón (PPM) 26
2.1.4 Metodología DMAIC 27
2.1.5 Error proofing / Prueba de errores 27
2.1.6 Control Plan de Calidad 27
2.1.7 Diagrama SIPOC 28
2.1.8 PFMEA 29
2.1.9 ES NO ES 29
2.1.10 Diagrama causa-efecto 30
2.2. Estado del arte 30
2.3. Marco Contextual 31
2.4. Resultado de Investigaciones anteriores 31
2.4.1 Investigación anterior 1 31
2.4.2 Investigación anterior 2 32
2.4.3 Investigación anterior 3 33
2.5. Internet de las cosas 34
CAPÍTULO III METODOLOGÍA 35
3.1. Tipo de estudio 35
3.1.1 Según la fuente de información 35
3.1.2 Según las variables 35
3.1.3 Según el nivel de medición y análisis de la información 35
3.1.4 Según su ubicación temporal 36
3.1.5 Según el objeto de estudio 36
3.2. Población o muestra 36
3.3. Unidades de análisis 36
3.4. Diagnóstico de la situación actual 37

3.5. Determinación de la muestra 37
3.6. Diseño del instrumento 37
3.7. Aplicación del instrumento 38
3.9. Métodos de análisis e interpretación de los resultados obtenidos 38
3.10. Metodología implementada 38
3.10.1 Definir 39
3.10.2 Medir 39
3.10.3 Analizar 40
3.10.4 Mejorar 40
3.10.5 Controlar 41
3.11 Investigación aplicada (metodología implementada) 42
3.11.1 Descripción del proyecto 42
3.11.2 Objetivos (propios del proyecto, programa o propuesta) 42
3.11.3 Población objetivo o beneficiarios 42
3.11.4 Localización 42
3.11.5 Plan de actividades 42
3.11.6 Metodología implementada 43
3.11.7 Definir 44
3.11.8 Medir 49
3.11.9 Analizar 51
3.11.10 Mejorar 59
3.11.11 Controlar 63
CAPÍTULO IV RESULTADOS 66
4.0. Resultado de la Hipótesis General 66
4.1. Resultado de la Hipótesis secundaria 1 66
4.2. Resultado de la Hipótesis secundaria 2 67
CAPÍTULO V CONCLUSIONES 69

5.1. Conclusiones 69
5.2. Recomendaciones 70
Fuentes de Información 71
Anexos.....73

Índice de Tablas

Tabla 1: Contribución de la linea de GEN 2 al scrap anual de la planta.....21
Tabla 2: Variables e Indicadores.....24
Tabla 3: Descripción de los elementos del diagrama SIPOC.....28
Tabla: 4 Diagrama SIPOC para el proceso de cerraduras 45
Tabla 5: Costos de agosto, septiembre y octubre 2023. 46
Tabla 6: Marco del proyecto inicial 48
Tabla 7: ES NO ES inicial.....52
Tabla 8: ES NO ES con posibles causas raíz.....55
Tabla 9 Promedio del perfil por cavidades LH 58
Tabla 10 Plan de acción para mejorar 59
Tabla 11 Marco del proyecto final 65

Índice de Figuras

Figura 1: Grafica de costos de scrap de los últimos 4 años fiscales 19
Figura 2: Contribución de la linea de GEN 2 al scrap anual de la planta en costos ...20
Figura 3: Pareto de Top 5 de GEN 2 21
Figura 4: Cronograma de actividades 42
Figura 5: Pasos del Proceso DMAIC.....43

Figura 6: Grafica con costos mensuales totales 46

Figura 7: Grafica con costos mensuales totales en promedio diario 47

Figura 8: Costo de scrap de la linea RH vs LH 50

Figura 9: Diagrana causa-efecto inicial 53

Figura 10: Diagrama causa-efecto final 54

Figura 11: Grafica de comparación de planicidad entre los frame RH vs LH 56

Figura 12: Grafica de puntos del perfil por cavidades 57

Figura 13: Grafica de correlación entre la cantidad de piezas rechazadas contra el promedio del perfil por cavidades.....58

Figura 14: Grafica de comparación entre antes y después de la segregación de la cavidad 3 LH 60

Figura 15: Grafica de puntos del perfil por cavidades después de las acciones correctivas del proveedor 61

Figura 16: Grafica de comparación entre antes y después de las acciones correctivas del proveedor 62

Figura 17: Grafica de comparación de costos de scrap mensuales entre antes y después de las acciones realizadas 63

Figura 18: Scrap por forkbolt lento en la linea GEN 2 en PPMs 64

Figura 19: Grafica de comparación de los costos de scrap totales entre antes y después de las acciones realizadas 67

Índice de Anexos

Anexo 1: Control plan de estación de prueba latch ST 90 73

Anexo 2: Formato de setup INT-3757 73

Anexo 3: Control plan de inspección de recibo para cavidades RH.....73

Anexo 4: Control plan de inspección de recibo para cavidades LH 73

Anexo 5: Certificado turnitin 74

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En una empresa que fabrica cerraduras y reguladores de ventana automotrices los costos de calidad están por encima de la meta. Lo anterior significa que exceden el 0.26% sobre el nivel de ventas en el actual año fiscal. Actualmente, los costos de calidad se encuentran en el 0.83% sobre el nivel de ventas, lo cual equivale a poco más de 3 veces la meta indicada (3*0.26 = 0.78%). Con la llegada de la pandemia del COVID 19 se ha visto afectada la economía en nivel global, por lo tanto, cuidar los recursos existentes y disminuir los desperdicios en cualquier organización es muy importante para ser competitivos en la actualidad.

De acuerdo con lo que menciona Sarmiento (2010) los desperdicios son “los costos de los desperdicios en que se incurre para alcanzar el estándar de calidad prefijado” (pág. 8). Estos desperdicios como lo es el scrap será el principal tema para abordar en esta tesis.

1.2. Planteamiento del Problema

El scrap es uno de los desperdicios que más contribuye a los costos de calidad. El scrap lo integran los productos en proceso, o terminados, que no fueron debidamente fabricados, según las especificaciones del diseño y por lo tanto este material no se puede mandar al cliente porque puede presentar problemas de mal funcionamiento o detalles de apariencia. El producto no conforme es generado por diversas razones; como son, falta de componentes, ensamble incorrecto, mal funcionamiento, etc.

El material al mismo tiempo lleva a otras afectaciones del proceso como son paros de línea, baja productividad, demoras en las entregas, y en caso de que se presente un escape al cliente puede resultar en una queja la cual aparte del costo monetario representa un impacto a otros métricos de la empresa. El scrap históricamente ha sido, y seguirá siendo, uno de los desperdicios en el proceso productivo.

En la gráfica de la figura 1 se observa una tendencia al alza en los costos de scrap de los últimos cuatro años fiscales:

Figura 1: Grafica de costos de scrap de los últimos 4 años fiscales



Fuente: Elaboración propia

Por lo anteriormente mencionado, se concluye que el scrap ejerce una gran contribución para que la empresa no cumpla con el métrico de los costos de calidad presupuestados. Por lo tanto, el problema a resolver es reducir los costos de scrap y su impacto en los métricos de los costos de calidad.

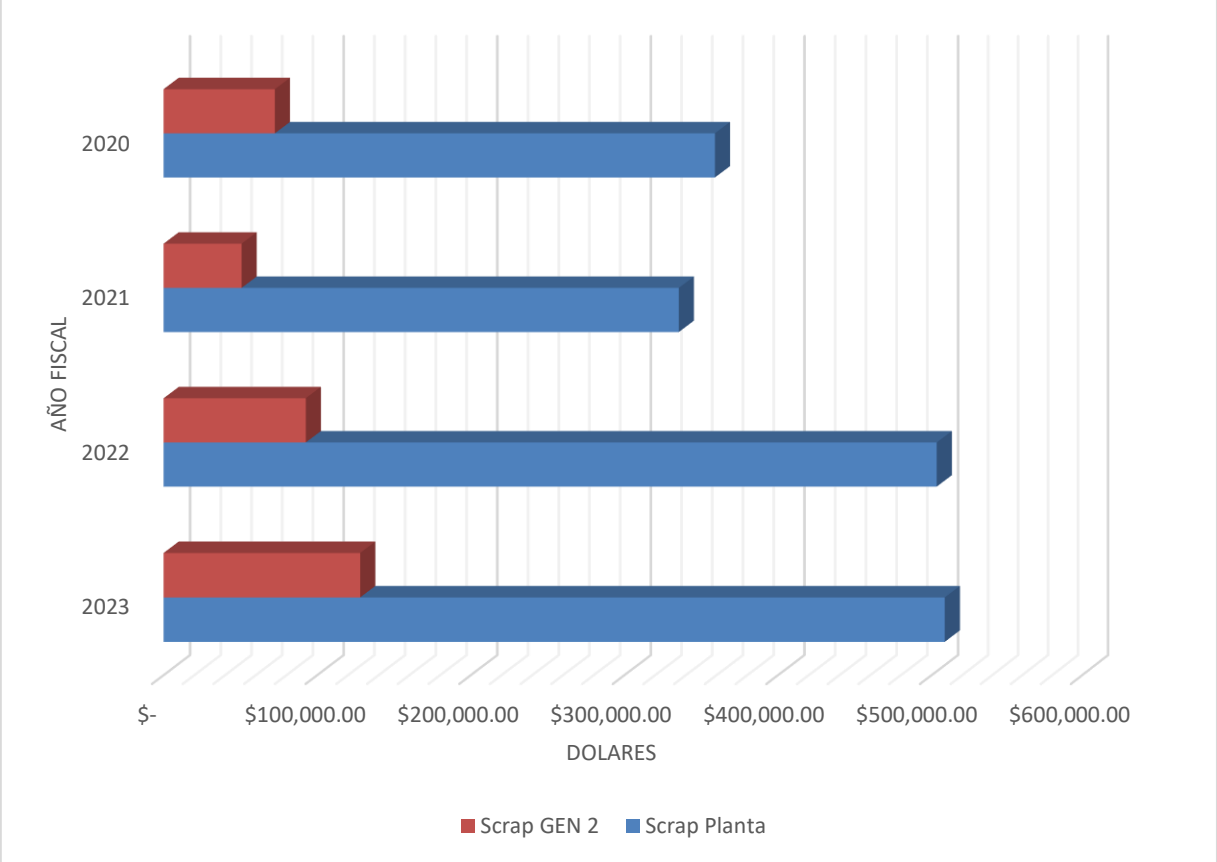
1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Como parte de la estrategia para la reducción del scrap de la planta, se seleccionó el área de GEN 2 debido a que durante el año 2023 el scrap de esta área ha represento más del 25% del costo total de scrap producido en toda la planta.

En la gráfica de la figura 2 y en la tabla 1 podemos observar el comportamiento de los costos de scrap en la linea de GEN en comparación con los costos totales, podemos determinar que esta área ha sido la principal contribuidora en los últimos 4 años.

Figura 2: Contribución de la linea de GEN 2 al scrap anual de la planta en costos



Fuente: Elaboración propia

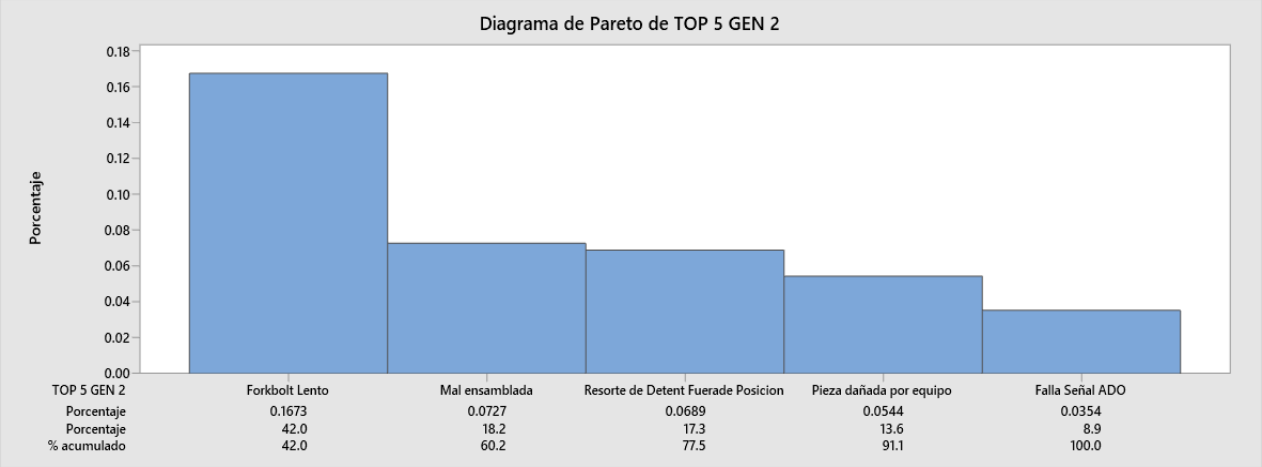
Tabla 1: Contribución de la linea de GEN 2 al scrap anual de la planta en costos

Año Fiscal	Scrap Planta	Scrap GEN 2	Contribución
2023	$ 508,610.95	$ 128,016.09	25%
2022	$ 503,363.53	$ 92,618.14	18%
2021	$ 335,459.77	$ 50,787.73	15%
2020	$ 358,960.37	$ 72,464.73	20%

Fuente: Elaboración propia

En esta área se destacan diferentes razones de scrap por lo tanto se estará trabajando en el contribuidor principal que es la falla de forkbolt lento el cual es el top 1 de acuerdo con la gráfica de la figura 3 y que a su vez representa el 16.73% del scrap producido por el área de GEN 2.

Figura 3: Pareto de Top 5 de GEN 2



Fuente: Elaboración propia

El objetivo general es disminuir en al menos un 50% el promedio diario de costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023 utilizando la metodología DMAIC.

1.3.2. Objetivos secundarios

Como objetivos secundarios tenemos los siguientes:

1. Mantener el FTQ de las líneas de producción donde se originan las razones de scrap seleccionadas al menos en 3500 PPMS.

2. Mantener en 0 los PPMS de cliente por quejas de calidad relacionadas con la razón de scrap seleccionada.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La hipótesis general es la metodología DMAIC puede contribuir a disminuir al menos en un 50% el promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023, esto cuando se sigue cada etapa del proceso DMAIC de forma ordenada.

Lo anterior basado en que para Imagineer (2022) dentro de la metodología DMAIC “Cada etapa está pensada para seguir una secuencia lógica en la búsqueda de una mejora continua en un proceso determinado” (par. 11).

La aseveración anterior nos indica que esta metodología es una de las adecuadas para lograr los objetivos descritos anteriormente.

1.4.2. Hipótesis secundarias

1. Se cree que al reducir los costos de scrap en la razón de scrap de forkbolt lento se ayudara a disminuir el scrap general de la linea de GEN
2. Se cree que al producir menor cantidad de piezas no conformes en las líneas de producción se tiene menor riesgo de enviar alguna de ellas al cliente y se podrá mantener los PPMS de cliente en 0 por quejas relacionas a la razón de scrap seleccionada.

1.5. Justificación

Se busca la reducción de las razones de scrap de forkbolt lento para impactar a los costos scrap de la línea de GEN 2 y a su vez de al costo de scrap general de la planta debido a que este es un contribuidor a los costos de calidad los cuales no están cumpliendo con la meta establecida. El costo del scrap general de la planta de cerro en promedio del 2023 y 2022 $505, 987 dólares contra un promedio de $347,210 de los años 2020 y 2021 $511,253 dólares lo que representa un incremento del 68% lo que nos indica es necesario investigar las causas e implementar acciones de prevención de la ocurrencia en los defectos de manufactura para contrarrestar esta tendencia.

La implementación del proyecto de la reducción de los costos de scrap para la razón de scrap de forkbolt lento utilizando la metodología DMAIC para minimizar el scrap es viable debido a que se usara al personal existente en la empresa como lo son los departamentos de calidad, producción, ingeniería, manufactura y mantenimiento de planta.

En primera instancia este proyecto beneficiara monetariamente a la empresa al ver disminuido el scrap, sin embargo, los costos potenciales implicados podrían ser mucho mayores, por ejemplo, si una o más partes no conformes son enviadas al cliente y este a su vez al cliente final provocando una falla funcional o peor aún de seguridad lo costos podrían ser mucho mayores.

El aspecto disciplinario este estudio utilizara la metodología DMAIC para lograr la reducción de scrap, lo cual llevara a tener un precedente más y soporte para futuros proyectos en el que donde cualquier persona que tenga acceso a esta tesis pueda tomarla como referencia para la aplicación de esta en diferentes proyectos donde puede aplicar.

Por otra parte, la implementación de este proyecto también es de gran contribución para todos los participantes entendiendo que aportara conocimientos y experiencias para su desarrollo personal y profesional, lo anterior es indispensable para contar un capital humano con mayores habilidades en el proceso de solución de problemas utilizando esta metodología.

1.6. Variables e indicadores

Las variables e indicadores que se utilizarán para el desarrollo de esta tesis serán las siguientes, en las cuales su comprensión en forma individual es importante para el entendiendo de la misma.

Tabla 2: Variables e Indicadores

Variables	Indicadores
Costo de scrap	$ costo de scrap en dólares por año fiscal
	$ costo de scrap en dólares por mes calendario
	$ costo de scrap en dólares de scrap por día
	$ costo promedio en dólares de scrap por semana
	$ costo promedio en dólares de scrap por dia
Porcentaje de scrap	% porcentaje de scrap por año fiscal
	% porcentaje de scrap por mes calendario
Milímetros (mm)	Unidad de medida longitudinal

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Marco conceptual

2.1.1 Scrap / Material no conforme

Es una palabra inglesa que se traduce como chatarra o residuo. En el contexto industrial, scrap se refiere a todos los desechos y/o residuos derivados del proceso industrial. En producción, el scrap es algo que no cumple con los requisitos del cliente final, incluso interviene la maquinaria que no moldea la pieza de acuerdo con los parámetros o especificaciones, además de suministros o materia prima que sufrió algún daño y ya no es apta para su uso en producción. (UTLEON, 2020, párr.9).

2.1.2 Costos de la no calidad

En general son los costos que se producen en el producto/servicio antes de salir de la organización. (Sarmiento, 2010, pág. 8).

Podemos clasificar los costos de la calidad en tipos principales, los primeros son los preventivos, es decir que es la inversión que se realiza para que el producto cumple con lo especificado por cliente y también existen los costos de scrap, donde el material ya es declarado como no conforme y este se tiene que segregar significando una pedida de dinero debido a que este material no se puede vender al cliente.

Los costos de la no calidad también pueden contemplar toda aquella actividad donde se determina la calidad del producto desde auditorias al producto y proceso durante las corridas de producción, así como como la inversión necesaria en los equipos de medición necesarios, aunque en la mayoría de las organizaciones estos costos ya están presupuestados anualmente.

2.1.3 Partes por millón (PPM)

Indica la proporción de las piezas fabricadas que no cumplen los estándares para ser consideradas piezas buenas. En la industria actual los niveles de piezas defectuosas son tan bajos que resulta más práctico expresarlos en partes por millón en lugar de hacerlo en porcentaje, de tal forma que una medición expresada como 120 ppm resulta más clara que hacerlo como 0.012%. (Parker México, 2018, párr. 7).

En otras palabras, podemos decir que los PPM o partes por millón es el métrico que representa cuantas piezas no conformes resultarían se produjeran un millón de piezas, existe una fórmula matemática para calcular el métrico.

Ejemplo: Si en una corrida de material se fabricaron 2500 piezas de las cuales 52 resultaron piezas malas se tendrían que sustituir los datos en la siguiente fórmula siguiendo los pasos a continuacion para llegar al resultado:

1. Formula:

PPM = (PIEZAS DEFECTUOSOS / PIEZAS FABRICADAS) * (1000000)

2. Se sustituyen la cantidad de piezas defectuosas y piezas fabricadas:

PPM = (52 / 2500) * (1000000)

3. Se realiza la operación y se obtiene la cantidad de PPM

20800 PPM = (52 / 2500) * (1000000)

Por lo tanto, podemos pronosticar que se sigue la misma tendencia al producir un millón de piezas se estarían presentando 20 800 piezas no conformes. Esta es una forma práctica de visualizar la cantidad de piezas malas que se están produciendo y nos sirve como un indicador para el proceso de toma de decisiones y diagnóstico de las áreas de producción.

2.1.4 Metodología DMAIC

DMAIC es una metodología de mejora continua conformada por 5 fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, y está incluida dentro de las herramientas de la filosofía Six Sigma. Cada etapa está pensada para seguir una secuencia lógica en la búsqueda de una mejora continua en un proceso determinado. (Imagineer, 2022, párr. 10). Este concepto se desarrolló de manera más profunda en capitulo tres al ser parte del tema principal de esta tesis.

2.1.5 Error proofing / Prueba de errores

Error proofing es el grupo de técnicas y herramientas que contribuyen a que responsable de una actividad pueda realizarla con el menor riesgo posible de cometer un error. Para lograr este objetivo se implementan, medidas, métodos, señales, sensores, etc. que obligan al usuario a seguir los pasos precisos que garanticen un ensamble correcto para el funcionamiento diseñado del producto final. (Wilsoft, 2021, párr. 1).

Existen dos tipos principales de error proofing los primeros son los de prevención cuyo objetivo es evitar producir una pieza no conforme y los segundos son los de detección que detectan las piezas no conformes cuando estas ya están producidas. Como buena práctica siempre es mejor, dentro de los posible, implementar error proofing que eviten la creación de piezas malas pues estos evitan costos de la no calidad

2.1.6 Control Plan de Calidad

Un plan de control de calidad es un documento en el que se especifican una serie de actividades a realizar en las fases de creación de un producto o servicio, orientadas a la calidad de este. De esta forma, ponemos por escrito los requisitos, condiciones, procedimientos o planes de contingencia. En cierta forma, es como un itinerario en el que se establece la estrategia a seguir en lo relativo a la calidad de nuestro producto o servicio. (Economipedia, 2021, párr. 1).

El control plan se destaca por ser un documento vivo susceptible a constantes cambios en base a la mejora continua, esto sucede cuando se detecta algún área de oportunidad que ayude a robustecer los controles que se tienen, sin embargo la causa más común de estas modificación es cuando se recibe una queja de cliente, lo que significa que algo fallo en el sistema que dejo escapar una pieza del proceso de producción, por lo tanto se requieren realizar cambios en el proceso para mejorar nuestro sistema de detección de partes malas, estos cambios de deben de reflejar y documentar en el plan de control.

2.1.7 Diagrama SIPOC

Es un diagrama cuyo objetivo es mostrar grafica o textualmente todos los elementos que intervienen en un proceso, esto con el fin de ampliar el panorama del proceso que se muestra en su totalidad contemplando elementos desde al proveedor hasta el cliente final, es decir no está centrado solo en el proceso productivo.

Tabla 3: Descripción de los elementos del diagrama SIPOC

Elemento	Significa	Es decir
Proveedor	Las personas o unidades que dan los insumos.	Quienes dan materiales, información o recursos.
Insumos	Son los recursos que se necesitan para realizar el proceso.	Los materiales, la información o los recursos.
Proceso	Conjunto de pasos que se requiere realizar para llevar a cabo el proceso.	Lo que se tiene que hacer paso a paso. Debe presentarse en forma descriptiva, es decir, por escrito y mediante un diagrama de flujo (existen diversas simbologías: ANSI, ASME, etc.).
SIPOC Producto (bien o servicio)	Lo que resulta del proceso o lo que desea el cliente: un bien, un servicio o lo que muchas organizaciones buscan actualmente, una experiencia.	Los resultados de haber realizado un determinado proceso.
Cliente	Es quien se beneficia del resultado del proceso.	Las personas o entidades que reciben los beneficios.

Fuente: Elementos de un SIPOC. (Narcia 2016).

2.1.8 PFMEA

El Análisis Modal de Fallos y Efectos del Proceso (PFMEA), también llamado FMEA del Proceso, es una herramienta cualitativa utilizada con la intención de prevenir fallos. Como ayuda a las iniciativas de mejora del proceso, los ingenieros de fabricación y de procesos utilizan el PFMEA para identificar y analizar los posibles fallos de un proceso.

La realización de un PFMEA permite a los equipos preparar y crear salvaguardias para los procesos que reduzcan o eviten la aparición de paradas operativas, lesiones o accidentes, reparaciones costosas y reprocesos en la empresa. (Safety Culture, 2022, párr. 1). Este documento al igual que el control plan está en constantes actualizaciones de acuerdo con nuevos potenciales modos de falla que se descubran durante el proceso productivo y que no se contemplaron en la creación original del documento.

2.1.9 ES NO ES

El análisis es no es, es un método enfoque, mediante preguntas sucesivas ¿Qué es? y ¿Que no es? te permite clarificar el problema, ponerlo en contexto real y crear el enunciado. (Pymes y calidad 2.0, 2013).

Esta herramienta de análisis es de gran utilidad cuando existen contrastes en el proceso, por ejemplo, cuando el defecto se esté presentando en una linea de producción y en otra que es muy similar no se presenta, esta diferencia es aprovechada para primeramente clarificar el problema y posteriormente buscar la raíz.

Las preguntas que se responden durante el proceso del ES NO ES pueden ser las siguiente pero no se limitan a ellas: ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Donde?, ¿Quién?, ¿Cuánto? y con qué frecuencia. Las respuestas a estos cuestionamientos son informacion valiosa al iniciar el proceso de solución de problemas porque sirven de guía para saber por dónde empezar.

2.1.10 Diagrama causa-efecto

Según lo que menciona Ishikawa (1989) los diagramas de causa y efecto “ilustran la relación entre las características (los resultados de un proceso) y aquellas causas que, por razones técnicas, se considere que ejercen un efecto sobre el proceso. Permiten que se resuman todas las relaciones entre las causas y efectos de un proceso.” (pág. 252). En otras palabras, podemos decir que es una representación grafica en la cual se plasmas las posibles causas raíz del problema que se está atacando.

El diagrama de causa-efecto o de Ishikawa en honor a sus creador Kaoru Ishikawa es una herramienta sencilla que busca facilitar comunicar informacion y tener un panorama general de las posibles causas, estas a su vez se clasifican en 6 tipos que causas que son Material, Madre Naturaleza, Mano de Obra, Método, Maquina y Medición. Esta clasificación nos ayuda a no olvidar alguna posible variante cuando se propongan las causas por el equipo de trabajo, el método inicial para escoger las posibles causas es la tormenta de ideas, después si tiene que realizar un proceso de confirmación con cada una de las posibles causas para saber cuál es la causa raíz real del problema, para este proceso es posible utilizar diferentes metodologías y herramientas dependiente del tipo de problema que se está trabajando.

2.2. Estado del arte

Como referencia de estado de arte tendemos una tesis que lleva por nombre APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DMAIC PARA LA MEJORA DE PROCESOS Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN LAS ETAPAS DE FABRICACIÓN DE CHOCOLATE en expuesta por Christian Antonio Varas Acuña para optar al título de ingeniero de alimentos. Esta tesis es un referendo importante para este trabajo debido a que utiliza la metodología DMAIC para lograr los objetivos de esta.

Esta es una referencia del plano internacional debido a que fue desarrollada en la universidad de Chile por la facultan de ciencias químicas y farmacéuticas.

El análisis de la información plasmada en esa tesis ayuda a tener una guía en la implementación de esta metodología en cualquier proceso productivo.

La investigación antes mencionada está centrada en el proceso de elaboración de alimentos, específicamente en el chocolate, a diferencia con la tesis a desarrollar que se realizara en el ámbito automotriz.

2.3. Marco Contextual

Este estudio se lleva a cabo en la ciudad de H. Matamoros Tamaulipas, México en una empresa de giro automotriz dedicada a la manufactura de cerraduras y reguladores de ventana tanto como para automóviles y camiones eléctricos y de combustión interna.

Esta empresa cuenta con más de 1000 empleados en la planta y tiene presencia en más de 18 países del mundo, tiene diferentes clientes como lo son General motors, Navistar, Paccar y VW y en los últimos años ha trabajado para empresas armadoras de automóviles eléctricos como lo son Tesla, Lucid, Rivian, entre otros.

2.4. Resultado de Investigaciones anteriores

2.4.1 Investigación anterior 1

Nombre de la Investigación: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA

DMAIC PARA LA MEJORA DE PROCESOS Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN LAS

ETAPAS DE FABRICACIÓN DE CHOCOLATE

Tipo: Tesina

Autores: Martha Angélica Acho Andrade, Sofía Linet Cervantes Serena, José Pablo López Núñez, Dulce Angélica Rangel León, Gabriel Reyes Rea.

Universidad: Instituto Politécnico Nacional.

Para obtener el título de: Ingeniero Industrial.

Lugar y fecha: Ciudad de México, 2019.

Objetivos:

- Identificar las causas que generan la variabilidad en la fabricación del bumper automotriz por medio de las herramientas de la metodología Seis Sigma.
- Analizar y generar la propuesta de solución a las causas raíz identificadas.
- Implementar controles en el proceso de la fabricación del Bumper por medio de las herramientas CEP

Conclusiones: Por medio de la aplicación de la metodología Seis Sigma se encontraron las causas principales a los problemas que influyen en la cantidad de scrap que se genera en “Bumper Automotriz”, esto con ayuda de las herramientas y las fases a seguir, lo que ayudó a generar una buena planificación del proyecto.

Se generaron propuestas de solución para cada una de las principales causas del problema identificado.

2.4.2 Investigación anterior 2

Nombre de la Investigación: Reducción de scrap en una industria plástica.

Tipo: TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Autores: María Gabriela Pesantes Avilés, Luis Alberto López Alvarado.

Universidad: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Para obtener el título de: Ingeniero Industrial.

Lugar y fecha: GUAYAQUIL - ECUADOR, 2017.

Objetivos: El objetivo de este proyecto es disminuir el porcentaje de desperdicio promedio en extrusión en un 20%, debido a que la empresa posee un estándar que limita este porcentaje y actualmente no se está cumpliendo.

Conclusiones: Luego de realizar un profundo análisis sobre los principales motivos que generan un exceso de material de desperdicio durante la operación dentro del

área de extrusión, se logró determinar las soluciones más adecuadas y que reduzcan el tiempo de implementación a la vez que maximizan el impacto sobre el problema planteado, por tal motivo el presente proyecto representa una oportunidad significativa de mejora para la planta ya que se demostró estadísticamente que las propuestas implementadas logran cumplir el objetivo planteado con holgura, se redujo la variable de respuesta en un 45.40%, originando ahorros significativos en los costos operacionales en donde para el primer año se espera un ahorro de $9.258,42 asociados al área de extrusión.

2.4.3 Investigación anterior 3

Nombre de la Investigación: REDUCCION DEL PORCENTAJE DE SCRAP AL 50% EN EL DEPARTAMENTO DE MOLDEO POR COMPRESION DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE DISPOSITIVOS ELECTRICOS.

Tipo: MEMORIA DE DESEMPEÑO PROFESIONAL

Autores: Ignacio Lozano Contreras.

Universidad: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Para obtener el título de: Ingeniero Mecánico Electricista.

Lugar y fecha: CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEXICO, 2006.

Objetivos: Reducir el porcentaje de scrap de la placa 2132 en un 50% en el área de Moldeo por Compresión.

Conclusiones: La realidad superó las expectativas y el proyecto fue cerrado exitosamente con un porcentaje final de Scrap del 2.5% en la placa 2132. Además, este fue el primer proyecto concluido a nivel nacional, recibiendo el total reconocimiento de la Compañía.

2.5. Internet de las cosas

La empresa donde se desarrolla esta tesis cuenta con el sistema PLEX el cual es un software del tipo Enterprise Resource Planning (ERP) que ayuda a tener el control en tiempo real, no solo de la información relacionada con el métrico de scrap si no que ayuda a la gestión de la cadena de suministro tanto a nivel componentes como a nivel final, así como a una seria de funciones que facilitan el manejo de los recursos.

En este software se registra cada una de las piezas segregadas en las líneas de producción como pieza no conforma en tiempo real y se documenta bajo la razón de scrap por la cual se rechazó en el proceso, posteriormente se puede acceder a esta información por medio de la web para obtener información de utilidad con el fin de cumplir con los objetivos de esta tesis.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Tipo de estudio

Esta investigación se perfila con diferentes tipos de estudios, como lo son:

3.1.1 Según la fuente de información

Documental: Porque como primera parte de la investigación se revisa la información ya existente como lo es el marco conceptual y las investigaciones ya realizadas por alguien más. Esta revisión de información previa ayuda a guiar el camino de esta tesis y enriquecerla con el punto de vista de los demás, así como con experiencias y conclusiones que ayudaron a cumplir con los objetivos propuestos.

También se consultará información previamente registrada en el software de gestión de la empresa para obtener información referente al scrap y poder analizarla.

De campo: Porque en base a la información analizada se investigará directamente en las líneas de producción de la empresa para determinar causas y soluciones.

3.1.2 Según las variables

Experimental: Porque se utilizarán diferentes herramientas y métodos como lo es el de prueba y error para ayudar a cumplir con el objetivo de esta tesis el cual es reducir la razón de scrap seleccionada en un 50%.

3.1.3 Según el nivel de medición y análisis de la información

Cuantitativa: Porque se manejará información numérica para la medición de los métricos de calidad.

Cualitativa: Porque se utilizarán criterios de calidad para determinar el cumplimiento de los productos analizados en base a requerimientos específicos.

3.1.4 Según su ubicación temporal

Trasversales: Porque al inicio de la investigación se tomará información histórica para ser evaluada.

Longitudinales: Porque durante el proceso de investigación se tomará información para evaluar el comportamiento y los resultados de las acciones tomadas y poder saber si fueron o no efectivas.

3.1.5 Según el objeto de estudio

Aplicada: Porque los objetivos descritos en esta investigación buscan resolver un problema practico mediante el uso del conocimiento existente.

3.2. Población o muestra

La población son las líneas de producción de una empresa del sector automotriz que fabrica cerraduras y reguladores de ventana, las muestras son cada una de las líneas de producción donde se aplicara la metodología DMAIC para la reducción de los costos de scrap.

3.3. Unidades de análisis

1. Piezas

Estamos interesados en obtener la información de piezas rechazadas y piezas aceptadas en la línea de producción donde se requiere reducir los costos de scrap, con el fin de tener un indicador mensual, diario y por turno.

2. Defectos

Es importante conocer los tipos de defectos en las piezas rechazadas, así como la cantidad de estos para saber cuáles son los de mayor impacto y poder enfocarse en ellos.

3. Dólares

Conocer la cantidad de dinero en dólares de los defectos de las líneas de producción nos sirve para saber el impacto monetario que tiene la empresa y tener una referencia de cuáles son las líneas con mayores costes de scrap.

4. Milímetros

El uso de los milímetros es necesario para medir las características dimensionales de los partes y saber si cumplen o no con lo requerido en los dibujos y especificaciones técnicas.

3.4. Diagnóstico de la situación actual

En la actualidad una empresa ubicada en la ciudad de Matamoros Tamaulipas, México tiene un alto rechazo de scrap en una línea de producción de cerraduras para puertas automotrices, los últimos rechazos de scrap han incrementado y han contribuido a que las metas contempladas no se estén cumpliendo.

3.5. Determinación de la muestra

La muestra para determinar si las acciones implementadas serán de un periodo de tiempo de 3 meses después de la implementación de las acciones correctivas. Este periodo será suficiente para saber si los cambios realizados cumplen con el objetivo de reducir los costos de scrap de la línea de ensamble seleccionada.

3.6. Diseño del instrumento

El instrumento utilizado para la toma de los datos será el sistema PLEX el cual es un software del tipo Enterprise Resource Planning (ERP) que ayuda a tener el control de todos los movimientos en una empresa de manufactura, en este caso se utilizara para introducir los datos de las piezas rechazadas por turno y en tiempo real, lo cual ayuda a saber si se está teniendo una disminución o incremento del scrap de forma diaria.

3.7. Aplicación del instrumento

El ingreso de a información de piezas rechazadas está a cargo de los lideres de producción de cada línea, también participan los auditores de calidad para determinar cuál es la falla por la cual la tester rechazo la pieza y poder capturarla de acuerdo con la razón de rechazo correcta.

Esta captura de información es realizada cada hora o dependiendo de la cantidad de piezas rechazadas puede ser es menor o mayor tiempo siempre procurando que están no se acumulen en las cajas rojas de scrap, que son los contenedores en donde las piezas rechazadas se mantienen hasta su posterior disposición en los contendores principales localizados en el patio de la empresa para su posterior manejo de acuerdo con las leyes ambientales vigentes.

3.9. Métodos de análisis e interpretación de los resultados obtenidos

El método que se utilizará para el análisis e interpretación de los resultados será una gráfica de barras de tiempo en la cual se representara el historial de los costos de scrap de cada mes tomando en consideración el último año después de la implementación de las acciones correctivas y tres meses después de esta, la finalidad es observar una disminución e incremento de los costos de scrap generados y comprobar si la metodología DMAIC tuvo algún impacto o no.

Como método de análisis también se utilizará el software minitab que es una herramienta para el procesamiento de datos por medio de la estadística.

3.10. Metodología implementada

La metodología que se utilizara para la disminución de los costos de scrap es la metodología DMAIC que por sus siglas en Ingles significa Define, Measure, Analyze, Improve y Control que en español serian Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, como podemos observar esta metodología se basa en una serie de pasos estructurados los cuales están bien definidos y ordenados.

Estos pasos se deben de aplicar ya cuando se tenga un problema identificado por el cual se busca un cambio a la situación actual ya sea disminuir o eliminar el problema presentado, la metodología DMAIC es una herramienta que originalmente fue desarrollada por Motorola y es la columna vertebral en los proyectos Six sigma.

3.10.1 Definir

Es el primer paso de la metodología DMAIC una vez que ya está seleccionado el proyecto en el que se quiere trabajar, la intención de este paso es clarificar los objetivos y mejorar la comprensión del potencial del proyecto. Otro de los objetivos es lograr una presentación donde se defina el proyecto para ser presentado y en su caso obtener la aprobación para continuar con los siguientes pasos.

Para dar forma a este primer paso se pueden utilizar diferentes herramientas como lo son los árboles CTQ, el mapeo de procesos, los diagramas SIPOC o diagramas de flujo.

3.10.2 Medir

El segundo pasó el medir el cual es un proceso importante para conocer la situación actual del problema o proyecto designado sino también para medir las variables y condiciones a lo largo del proceso DMAIC que serán identificados y saber cuál es la contribución al mismo. Por otra parte, es necesario medir después de las mejoras o cambios realizados para saber si estas lograron los objetivos establecidos.

Otro punto en este paso es determinar los métodos de medición más adecuados para las variables involucradas, así como la evaluación del sistema de medición para tener la confiabilidad de que trabajara correctamente, algunas herramientas y técnicas que podemos utilizar para el proceso de medición son el muestreo, el check list, el estudio de capacidad, los estudios gage R&R, métricos de calidad y manufactura como los PPMs y OEE.

3.10.3 Analizar

Entre los objetivos del paso Analizar tenemos identificar todas las variables que tienen efecto en el proceso y determinar cuáles son los que tienen mayor impacto. Entre más y mejor información numérica tengamos sobre las entradas y salidas de nuestro proceso mejor será la comprensión de este, toda la información recopilada nos ayudará a identificar mejor las causas principales del problema.

Existen diversas herramientas que podemos utilizar para el análisis del problema en las cuales la información se puede representar de forma gráfica como lo es el diagrama causa y efecto, el diagrama de Pareto, Histograma y el diagrama de dispersión.

3.10.4 Mejorar

Algunos objetivos dentro del paso de Mejorar son el determinar las estrategias de mejora para el proceso, encontrar propuesta de mejora a partir del diseño de experimentos, analizar las propuestas en base de un análisis costo beneficio y por último elaborar un plan de mejora con las mejoras alternativas previamente identificadas. Una estrategia de mejora es en un enfoque sistemático para impactar las variables determinantes del proceso y seleccionar la mejor manera de encontrar una solución que mejore su funcionamiento.

En algunos casos es necesario utilizar herramientas Lean para ayudar a identificar las mejoras de cambio, algunas de estas son:

1. Mejorar el flujo del proceso
2. Estandarizar las actividades
3. Benchmarking
4. Análisis de Modo de Fallo y Efecto (AMEF)
5. Pruebas piloto
6. Simulación
7. Técnicas 5s
8. Diseño de experimentos

Una vez teniendo identificadas las acciones de mejora es importante tomar en cuenta otros puntos como lo son estimar los costos de implementación y estimar el beneficio neto. Esta información nos servirá para conocer el impacto de las acciones tomadas en referencia a la condición inicial del problema.

3.10.5 Controlar

El último paso de la metodología DMAIC es Control cuyos objetivos principales son realizar las estrategias de mejora previamente establecidas de forma definitiva, diseñar un sistema de control de proceso y completar y cerrar por completo el informe de mejora.

Después de la implementación de las actividades de mejora es importante crear controles para que las causas que fueron atacadas no se presenten nuevamente o si se presentan detectarlas a tiempo para disminuir en lo posible el impacto de estas.

Para lograr lo anterior es importantes crear un plan de control en el cual se documenten entre otras cosas, la variable a controlar, la especificación del producto o parámetro de proceso, el sistema de medición que se debe de utilizar para medirla, especificar como se debe de realizar la inspección o al menos hacer referencia al documento al cual se debe de acudir para saber cómo hacerlo y el plan de reacción en el caso de encontrar alguna no conformidad. Para completar este proceso se pueden implementar diversas herramientas como los son los errores proofing, los check list de inspección o auditorias de proceso y el control estadístico del proceso por medio de las gráficas de control.

Como puntos finales es de gran ayuda documentar cada uno de los pasos, estudios y acciones tomadas para tener una referencia futura en el caso de que exista una recurrencia poder partir desde el análisis de la información que ya se tenga, otra cuestión es buscar problemas iguales o similares en los cuales se puedan aplicar estas mimas acciones y obtener los mismos resultados.

3.11 Investigación aplicada (metodología implementada)

3.11.1 Descripción del proyecto

Se implementará la metodología DMAIC para buscar la reducción de los costes de scrap bajo la razón de scrap de forkbolt lento en la linea de GEN 2.

3.11.2 Objetivos (propios del proyecto, programa o propuesta)

Reducir en al menos un 50% los altos costos de calidad asociados a la razón de scrap de forkbolt lento en el área de GEN 2.

3.11.3 Población objetivo o beneficiarios

La población objetivo para este proyecto son todo el personal involucradas en la línea de cerraduras.

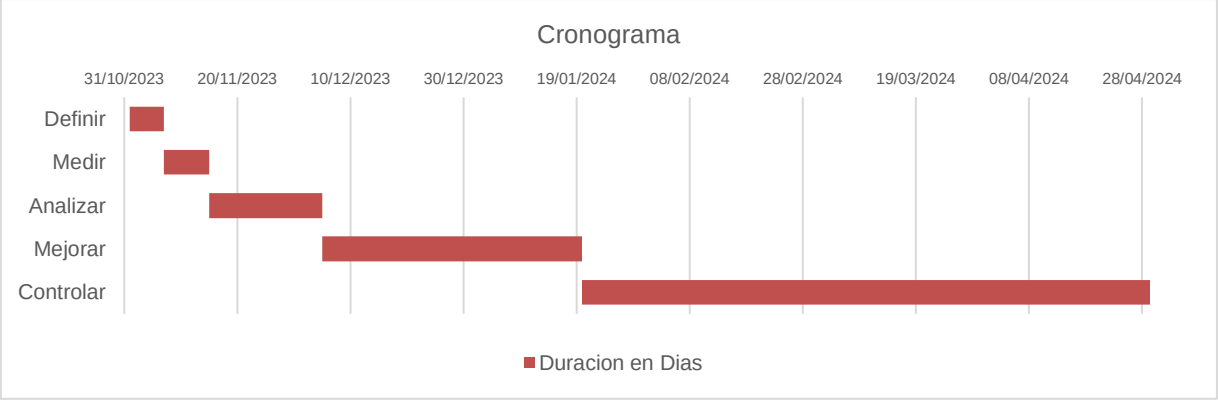
3.11.4 Localización

Este proyecto se desarrolló en la ciudad de Matamoros Tamaulipas, México.

3.11.5 Plan de actividades

En el siguiente cronograma se describen los tiempos para llevar a cabo cada una de las etapas del proceso DMAIC.

Figura 4: Cronograma de actividades



Fuente: Elaboración propia

3.11.6 Metodología implementada

Como se mencionó anteriormente se utilizará la metodología DMAIC, en los siguientes puntos de desarrollaran los pasos sistemáticos de la misma para concluir posteriormente si mediante su uso se pueden lograr o no los objetivos previamente determinados. En la sección de marco teórico cada una de estas fases fueron descritas más a detalle para tener un conocimiento previo de cada una de ellas.

Pasos DEMAIC en español:

1. Definir
2. Medir
3. Analizar
4. Mejorar
5. Controlar

El proceso DMAIC fue definida en inglés, sus siglas en este idioma tienen el siguiente significado.

Figura 5: Pasos del Proceso DMAIC



Fuente: Proceso DMAIC (DigiLEAN, 2024)

3.11.7 Definir

En el capítulo 1 se definió los objetivos de esta tesis la cual es utilizar esta metodología para la reducción de scrap, en este caso el análisis inicial para lograr un adecuado planteamiento del problema empezó de lo general a lo particular, es decir, la problemática inicio en los altos índices de scrap a nivel planta, después se seleccionó el área de producción con mayor contribución, la cual es el área de GEN 2 y finalmente se encontró que el forkbolt lento es la razón de scrap con mayor impacto en la linea.

En el paso definir buscaremos tener una visión más amplia del problema, para tener la capacidad de determinar cuáles variables podrían o no contribuir a este problema, el hecho de tener un panorama más amplio es nos ayuda a tomar decisiones más acertadas en cuanto a los siguientes pasos a seguir.

La primera herramienta que se utilizó para mejorar el entendimiento sobre el funcionamiento del proceso de fábricas de cerraduras es el diagrama SIPOC, cuyo objetivo es representar en una sola tabla todos los elementos que lo conforman. En este caso al analizar el diagrama SIPOC de la tabla 4 podemos concluir que en problema de forkbolt se genera en la linea de latch y que al mismo tiempo en la prueba mecánica al final de la linea este problema es detectado mediante falla de funcionalidad evitando así que el subensamble pase a la linea final.

Lo anterior nos dice que los procesos y componentes a ser analizados son los referentes a la linea de latch y se debe descartar la linea de frame y la linea final.

Tabla: 4 Diagrama SIPOC para el proceso de cerraduras

DIAGRAMA SIPOC PARA EL PROCESO DE FABRICACION DE CERRADURAS GEN 2				
Suppliers	**Input**	**Process**	**Output**	**Customer**
Proveedores	**Entradas**	**Proceso**	**Salidas**	**Clientes**
¿Quién proporciona los insumos para cada paso del proceso?	¿Cuáles son los recursos y la información necesarios para completar cada paso?	Principales pasos del proceso involucrados con el proyecto.	¿Cuáles son los entregables de cada paso del proceso?	¿Quiénes reciben o se ven afectados por los entregables?
Proveedores Internos dentro de la misma planta: 1. Proceso de Estampado 2. Proceso de finblankling 3. Proceso de tratamiento térmico 2. Proceso de Overmolding **Proveedores Internos:** 1. Proveedores de partes plásticas 2. Proveedores de resortes y componentes metálicos 3. Proveedores de grasa	1. Plan de producción 2. Banco de componentes 3. Mano de obra: operadores de producción, mecánicos, auditores de calidad 4. Energía eléctrica y neumática 5. Equipo de cómputo, impresoras y software de administración de la producción	**LINEA FRAME:** 1. Engrasado y carga de componentes a la linea 2. Proceso de pineado 1 3. Proceso de pineado 2 4. Proceso de pineado 3 5. Detección de presencia de componentes 6. Verificación de presencia de roscado 7. Descargar de componente a nivel frame **LINEA LATCH:** 8. Carga de componentes y descarga de latch terminado 9. Carga y ensamble de componentes 10. Engrasado de componentes 11. Proceso de pineado 1 12. Proceso de pineado 2 13. Ensamble automático de componentes y engrasado 14. Prueba funcional a nivel latch (Cerradura)	Subensamble latch que es la parte mecánica funcional de la cerradura automotriz cuya función principal es mantener la puerta del vehículo cerrada y abrirla mediante la manija exterior.	En este caso la parte afectada es la misma linea de latch debido a que el defecto de forkbolt lento es detectada por la estación de prueba funcional (error proofing). Esto impide que las piezas no conformes por la falla de forkbolt lento no lleguen a la linea final.

Fuente: Elaboración propia

En el capítulo 1 también se determinó que se tomarían como referencia los costos de los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023, este caso como métrico principal se tomara en cuanta los promedios de los promedios diarios de este periodo de tiempo.

Para calcular el promedio de los promedios diarios se utilizará las siguiente formulas:

Promedio diario = total del mes / 21 días trabajados

Promedio de los promedios diarios = sumatoria de los promedios diarios / los 3 meses (agosto, septiembre y octubre)

En la tabla 5 y las gráficas de las figuras 6 y 7 se exponen los detalles:

Tabla 5: Costos de agosto, septiembre y octubre 2023.

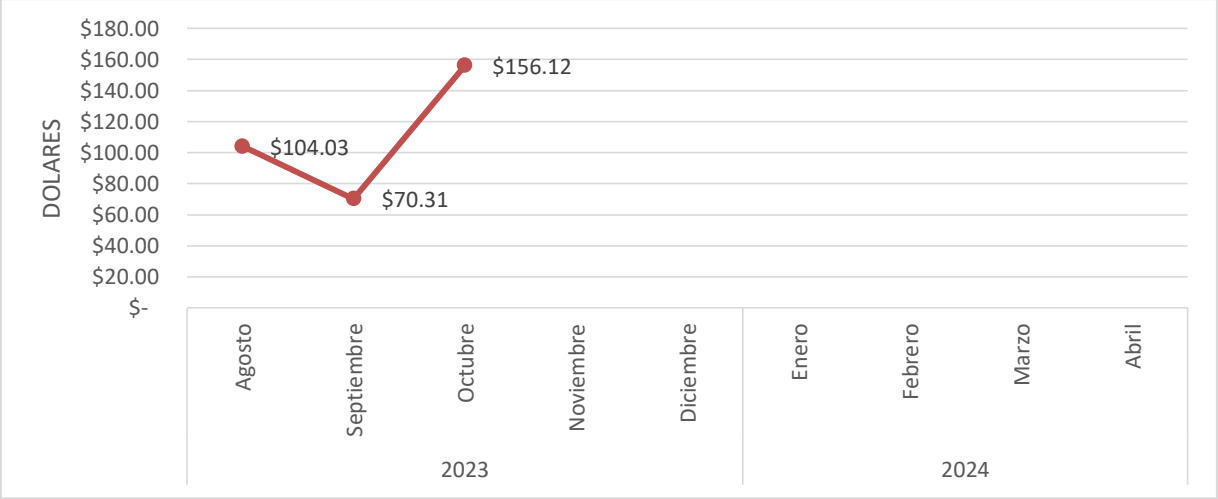
Año	Mes	Total de mes	Promedio diario	Promedio de los promedios diarios
2023	Agosto	$ 2,184.73	$ 104.03	$ 110.16
	Septiembre	$ 1,476.52	$ 70.31	
	Octubre	$ 3,278.58	$ 156.12	

Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Grafica con costos mensuales totales



Figura 7: Grafica con costos mensuales totales en promedio diario



Fuente: Elaboración propia

Como segunda herramienta en la etapa de definir se creó un marco de proyecto el cual se creó con base a la informacion previamente vista en el capítulo 1 y 2 así como los resultados del diagrama SIPOC y del análisis de costos actuales. Este tiene como objetivo en plasmar esta información de una manera más clara y entendible para cualquier persona.

Los elementos que se integraron al marco del proyecto son:

1. Nombre del proyecto
2. Descripción del problema
3. Justificación
4. Alcance
5. Clientes afectados
6. Patrocinadores
7. Métricos
8. Meta
9. Miembros del equipo
10. Plan preliminar del proyecto
11. Fecha tentativa
12. Fecha de elaboración

ALTOS COSTOS DE SCRAP POR LA RAZON DE FORKBOLT LENTO				
Descripción del problema				
Se detecta un alto costo de scrap a nivel planta, haciendo una revisión se detecta que la linea con mayor contribución a este problema es la linea de GEN 2. En este caso de selecciona la razón de scrap con mayor costo de la linea de GEN 2 el cual es forkbolt lento.				
Justificación			**Alcance**	
De acuerdo con los datos del año fiscal 2023 la linea de GEN 2 contribuye al 25% del total de los costos de scrap lo cual nos indica que se debe trabajar en las causas para buscar una disminución de los costos en esta linea de producción.			En la linea de producción de las cerraduras de GEN 2 está dentro del alcance solo los subensambles de frame y latch debido que la condición de forkbolt lento se genera en estas dos linea y es detectada en la estación funcional de la linea de latch. La linea final queda excluida.	
Clientes afectados			**Patrocinadores**	
En este caso la parte afectada es la misma linea de latch debido a que el defecto de forkbolt lento es detectada por la estación de prueba funcional (error proofing).			Gerente de Calidad: Celene Reyna Gerente de Producción: Juan Alvarez Gerente de Mantenimiento: Rene Moreno	
Métricos				
Métrica de Éxito	**Actual**	**% Mejora**	**Meta**	**Unidades de Medida**
Promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento.	$ 2313.27	50%	$ 1156.63	Dólares
Meta			**Miembros del Equipo**	
Disminuir al menos en un 50% el promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023.			Supervisor General de Calidad: Ali Galvan Ingeniero de Calidad: Gilberto Villafranca Ingeniero de Calidad: Paloma Sifuentes Ingeniero de Calidad de Proveedores: Karla Campos Supervisor de Mantenimiento: Miguel Neyra Supervisor de Producción: Zacarias Piña Supervisor General de Herramientas: Saul Perales	
Plan Preliminar del Proyecto	**Fecha Tentativa**		**Fecha de Realización**	
Definir	5 de noviembre de 2023		3 de noviembre de 2023	
Medir	10 de noviembre de 2023			
Analizar	5 de diciembre de 2023			
Mejorar	20 de enero de 2024			
Controlar	30 de enero de 2024			

Tabla 6: Marco del proyecto inicial

Fuente: Elaboración propia

Las fechas tentativas que se presentan en el marco del proyecto fueron tomadas del plan de actividades las cuales determinan los periodos de tiempo que se destinaron originalmente para el desarrollo de cada actividad, y en el caso de las fechas de realización son el dia exacto en el cual se terminó cada uno de los pasos del proceso DMAIC.

3.11.8 Medir

En la etapa de medición a primera actividad a realizar es validar nuestro método de medición, en este caso como la no conformidad no es una magnitud física, es decir que no se trata de una dimensión longitudinal o una característica de forma si no más bien que es una falla de funcionalidad si debe de revisar el método de prueba que en este caso es error proofing que se tiene en la linea latch.

Para lo anterior primero se buscará entender cómo funciona esta prueba, el error proofing se basa en un sensor que detecta la posición del forkbolt momento de realizar la activación mecánica de la outside unlatching lever de la cerradura el forkbolt debería de liberarse desde posición secundaria, si el forkbolt no se libera el sensor detecta la condición y segrega la pieza como parte mala.

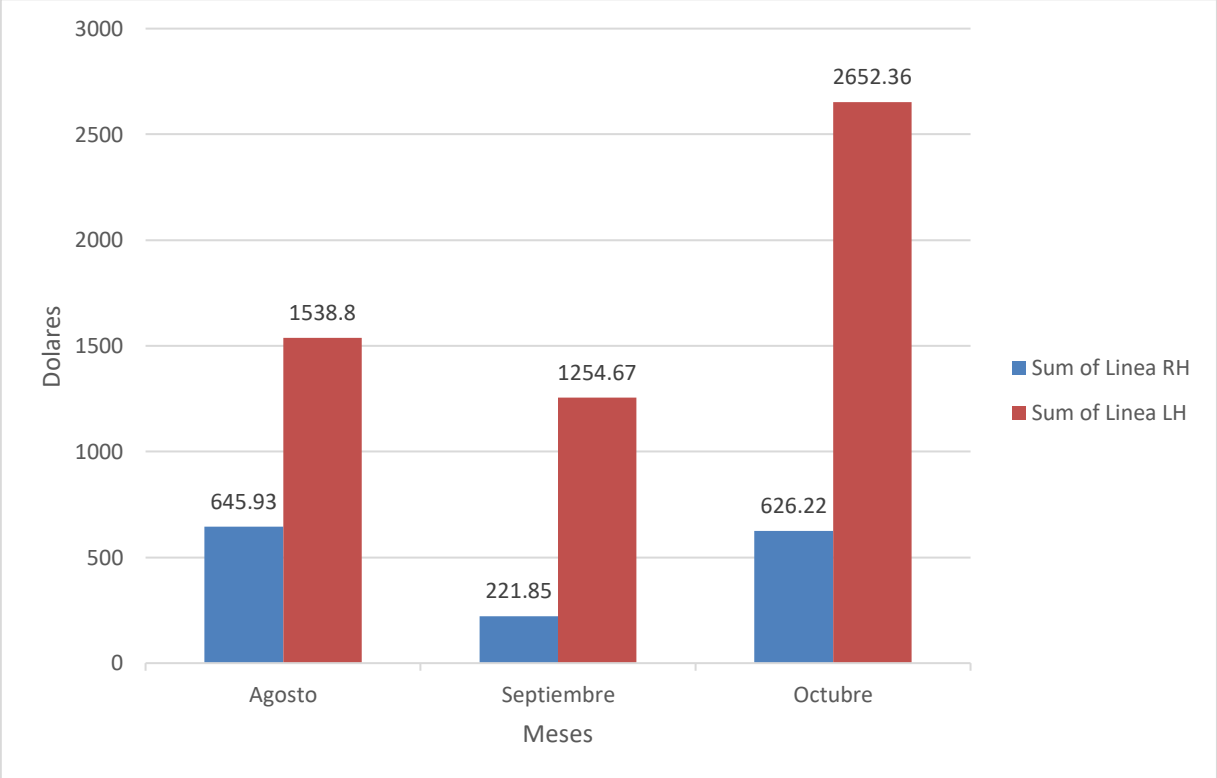
En este caso el sistema de calidad de la empresa indica que todos los error proofing deben ser validados al menos una vez al turno, esta validación se realiza de diferentes formas como lo es una muestra roja, aunque en este caso se verifica por medio de una revisión física del sensor que detecta la posición del forkbolt. En este caso esta verificación está documentada en el plan de control (anexo 1), este documento menciona que los registros de la actividad se deben de documentar en el formato de setup INT-3757 (anexo 2).

Se reviso esta documentación para confirmar que el correcto funcionamiento del sensor este siendo verificado en la frecuencia indicada obteniendo resultados favorables, esta revisión nos asegura que el método de verificación de la falla de forkbolt lento está trabajando en forma correcta.

En la fase medir es importante verificar los datos anteriores y ver si se pueden clasificar de diferente manera para tener un mejor panorama del problema. En este caso se optó por analizar los datos por linea de producción. La linea de GEN 2 latch se tiene dividido en la linea RH y la linea LH al analizar los datos se notó un mayor rechazo en la linea LH, como se puede ver en la gráfica de la figura 8 en los tres meses anteriores se tiene un contraste marcado en cuanto a la cantidad de rechazos por linea de la razón de scrap de forkbolt lento.

Este nuevo análisis de datos nos lleva a tener una mejor idea de que herramienta se puede incluir en este proceso de resolución de problema que se base en los contrastes, esto con la finalidad de encontrar con mayor facilidad la causa raíz en la siguiente etapa.

Figura 8: Costo de scrap de la linea RH vs LH



Fuente: Elaboración propia

3.11.9 Analizar

Teniendo una amplia definición del problema y asegurándose mediante la fase de medición que las piezas están siendo evaluadas correctamente podemos iniciar la etapa de análisis, que tiene como objetivo encontrar las causas que provocan la no conformidad en las partes rechazadas por la prueba funcional, en esta atapa se utilizaran herramientas para encontrar la causa principal del problema de altos costos de scrap por la razón de forkbolt lento.

Tomando como referencia los datos del contraste en la etapa anterior entre la linea RH y la linea RH, se utilizará la herramienta ES NO ES primeramente para clarificar aún más las posibles diferencias entre las líneas RH y LH que pueden estar provocando un mayor rechazo en la LH y posteriormente plantear posibles causas raíz.

En la tabla 7 podemos observar el ejercicio de ES NO ES que mediante la serie de preguntas podemos entender aún mejor las diferencias entre las líneas de producción y entender si existen algunas otras que debamos de tomar en cuenta.

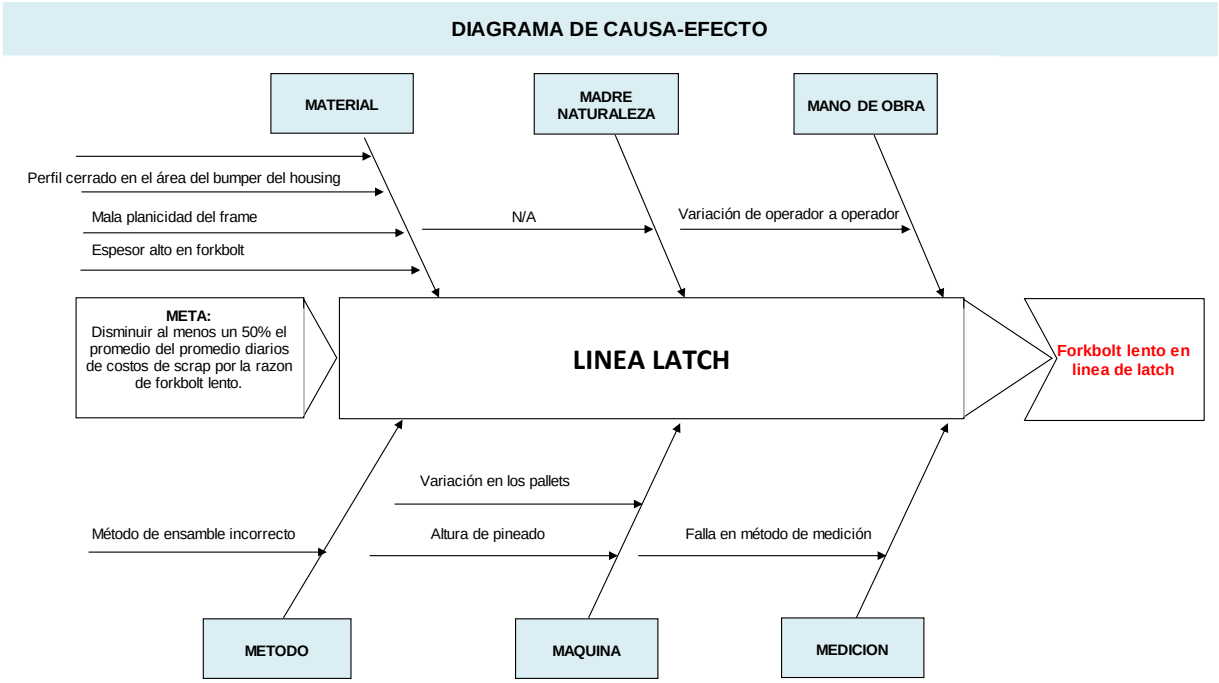
Tabla 7: ES NO ES inicial

	ES Donde se encuentra el problema	NO ES Donde podría estar el problema, pero no esta
QUE	¿Qué objeto tiene el problema?	¿Que otro objeto podría tener el problema, pero no lo tiene?
	Door latches LH	Door latches RH
	¿Qué problema tiene el defecto?	¿Qué otros problemas podrían tener el objeto, pero no lo tiene?
	Alto rechazo de forkbolt lento	Alto rechazo de Forkbolt no abre Alto rechazo de forkbolt no cierra
DONDE	¿Dónde se encuentra el objeto con el problema?	¿Dónde podría observarse el objeto con el defecto, pero no se observa?
	Planta Inteva Linea LH	Planta Inteva Linea RH
	¿En qué parte del objeto se encuentra el problema?	¿En qué parte del objeto no se encuentra el problema, pero podría encontrarse?
	N/A	N/A
CUANDO	¿Cuándo se observó por primera vez el objeto con el problema?	¿Cuándo no se observó el objeto con el problema, pero pudo haberse observado?
	Agosto 2023	Agosto 2023
CUANTO	¿Cuántas piezas presentan el problema	¿Cuántas piezas pudieran presentar el problema, pero no lo tienen?
	2232 En los meses de agosto septiembre y octubre	372671 En los meses de agosto septiembre y octubre

Fuente: Elaboración propia

Despues de este análisis se inicial se buscó generar causas potenciales median una tormenta de ideas, en este ejercicio participaron los miembros del equipo multidisciplinario que tiene la mayor experiencia en el proceso de producción de cerraduras, es importante mencionar que en esa ocasión se tomaron en cuanta todos los aportes de los integrantes sin tener la opinión de los demás, es decir, todas las ideas fueron escritas sin cuestionamientos, como resultado se generó una lista de posibles causas las cuales se plasmaron en el diagrama causa-efecto de la figura 9.

Figura 9: Diagrana causa-efecto inicial

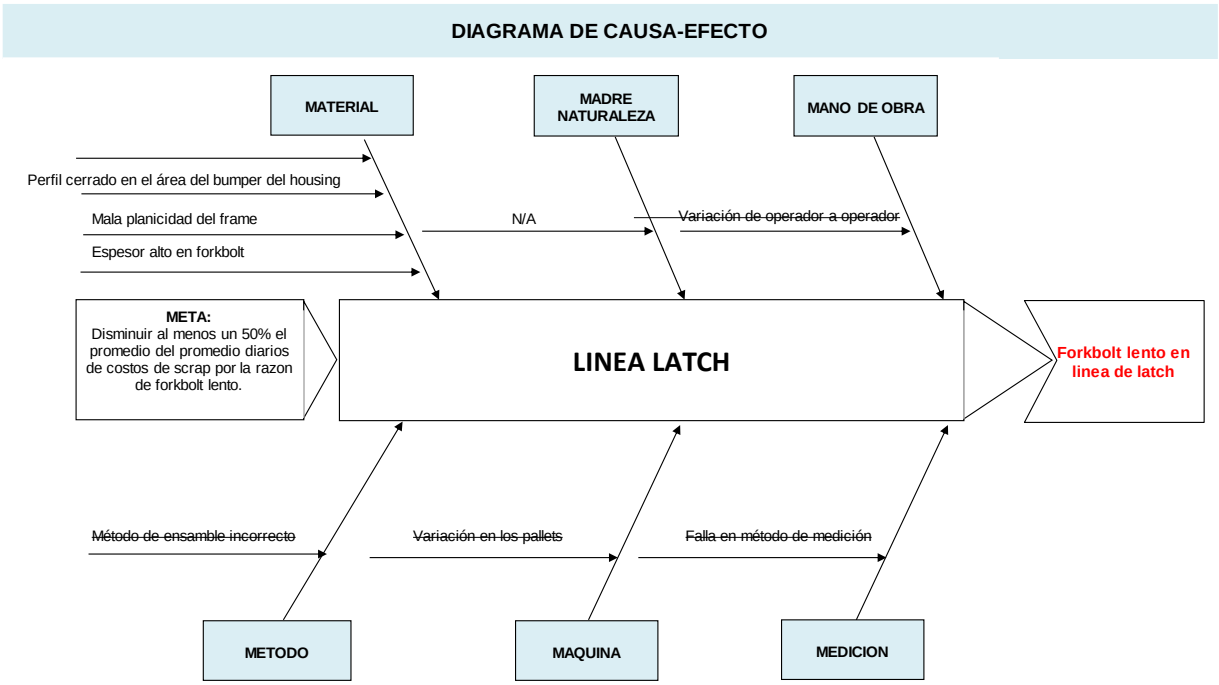


Fuente: Elaboración propia

En una segunda revisión se debatieron las posibles causas anteriormente propuestas las cuales en este caso si se analizaron individualmente por todos los integrantes, como resultado se eliminaron algunas de ellas que por conocimiento o experiencias del equipo se pudieron descartar.

En este caso solo se quedaron como causas potenciales tres de ellas que se pueden observar en la figura 10 las cuales se someterán se evaluarán más detenidamente en conjunto con la informacion que se generó con el ejercicio ES NO ES, lo anterior tiene como objetivo encontrar cual es la verdadera causa raíz.

Figura 10: Diagrama causa-efecto final



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 podemos observar cómo estas tres causas potenciales se integraron al formato de ES NO ES y fueron evaluadas de acuerdo con las preguntas del formato, en este caso la causa potencial número 3 “Espesor alto en forkbolt: fue rechazada (NO) en la pregunta uno debido a que el uso de este componente es compartido en ambas líneas y no sería un contribuyente para que el rechazo este en mayor proporción en la line LH y no en la RH, no existe una justificación para pensar que este causa potencial pudiera ser la causa raíz.

En cuanto a las primeras dos causas potenciales tenemos que de acuerdo con las respuestas en las preguntas lograron respuestas positivas (SI) en las primeras tres ocasiones y en las últimas dos una suposición (SUP), es dice que pudiera ser una respuesta afirmativa (SI), pero se necesita realizar una investigación adicional para llegar a tener una confirmación.

	ES Donde se encuentra el problema	NO ES Donde podría estar el problema, pero no esta	Posible Causa raíz # 1 Perfil cerrado en el área del bumper del housing		Posible Causa raíz # 2 Mala planicidad del frame		Posible Causa raíz # 3 Espesor alto en forkbolt	
QUE	¿Qué objeto tiene el problema?	¿Que otro objeto podría tener el problema, pero no lo tiene?	Esta causa explica por qué se el problema se presenta en los door latches LH y no en los Door latches RH **Si porque se utilizan housing RH y LH**	**SI**	Esta causa explica el porqué se el problema se presenta en los door latches LH y no en los Door latches RH **Si porque se utilizan frames RH y LH**	**SI**	Esta causa explica por qué se el problema se presenta en los door latches LH y no en los Door latches RH **No porque el mismo forkbolt se utiliza para los door latches RH Y LH**	**NO**
	Door latches LH	Door latches RH						
	¿Qué problema tiene el defecto?	¿Qué otros problemas podrían tener el objeto, pero no lo tiene?	¿Esta causa explica por qué produce alto rechazo de forkbolt lento y no otros problemas? **Si porque no produce una obstrucción completa de la función**	**SI**	¿Esta causa explica por qué produce alto rechazo de forkbolt lento y no otros problemas? **Si porque no produce una obstrucción completa de la función**	**SI**		
	Alto rechazo de forkbolt lento	Alto rechazo de Forkbolt no abre Alto rechazo de forkbolt no cierra						
DONDE	¿Dónde se encuentra el objeto con el problema?	¿Dónde podría observarse el objeto con el defecto, pero no se observa?	¿Esta causa explica el porqué se el problema se presenta en la linea LH y no en la linea RH? **Si porque se utilizan housing RH y LH**	**SI**	¿Esta causa explica por qué se el problema se presenta en la linea LH y no en la linea RH? **Si porque se utilizan frames RH y LH**	**SI**		
	Planta Inteva Linea LH	Planta Inteva Linea RH						
	¿En qué parte del objeto se encuentra el problema?	¿En qué parte del objeto no se encuentra el problema, pero podría encontrarse?	N/A	**N/A**	N/A	**N/A**		
	N/A	N/A						
CUANDO	¿Cuándo se observó por primera vez el objeto con el problema?	¿Cuándo no se observó el objeto con el problema, pero pudo haberse observado?	Esta causa explica el porqué se empezó a presentar en agosto 2023 y no antes **Si porque en cada reciba de housing puede presentarse variaciones por causas especiales**	**SUP**	Esta causa explica el porqué se empezó a presentar en agosto 2023 y no antes **Si porque en cada corrida de frame puede presentarse variaciones por causas especiales**	**SUP**		
	Agosto 2023	Antes de agosto 2023						
CUANTO	¿Cuántas piezas presentan el problema	¿Cuántas piezas pudieran presentar el problema, pero no lo tienen?	Esta causa explica el porqué la falla se presenta en 550 piezas y no en 113305 piezas **Si porque puede existir variación por causas especiales de housing a housing en diferentes condiciones**	**SUP**	Esta causa explica el porqué la falla se presenta en 550 piezas y no en 113305 piezas **Si porque puede existir variación por causas especiales de frame a frame en diferentes condiciones**	**SUP**		
	2232 En los meses de agosto septiembre y octubre	372671 En los meses de agosto septiembre y octubre						

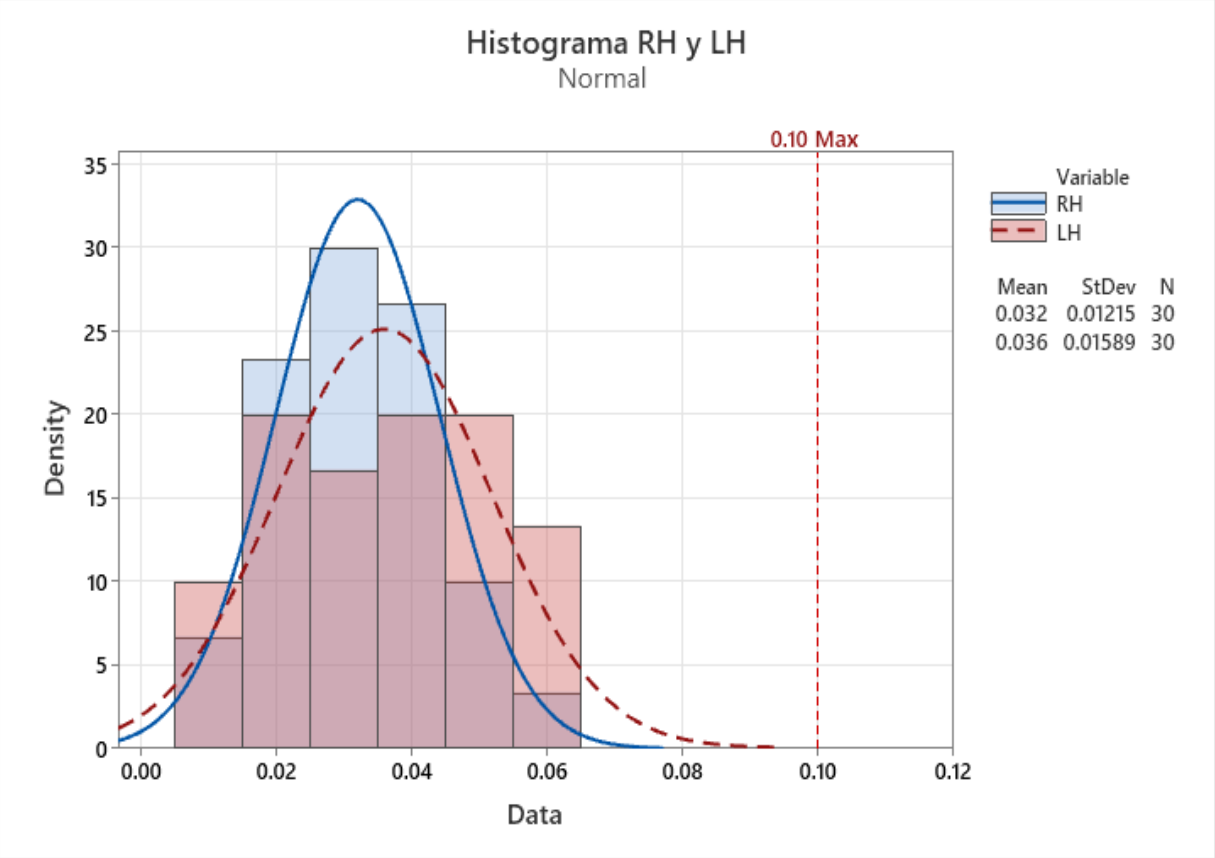
Tabla 8: ES NO ES con posibles causas raíz

Fuente: Elaboración propia

Como siguiente actividad tenemos el análisis adicional de las dos causas potenciales que continúan bajo revisión, primeramente, se revisó la “Mala planicidad del frame” debido a que el frame es un componente metálico que se fabrica en la misma planta de manufactura y en caso de que fuera el contribuidor principal se tendría posibilidad de realizar las acciones correctivas rápidamente.

Para esta evaluación se tomaron 30 frames LH y 30 frame RH para realizar la medición de la planicidad, en este caso los resultados obtenidos muestran que el comportamiento de los datos es muy similar y no existe separación significativa de los mismos. Ver grafica en figura 11.

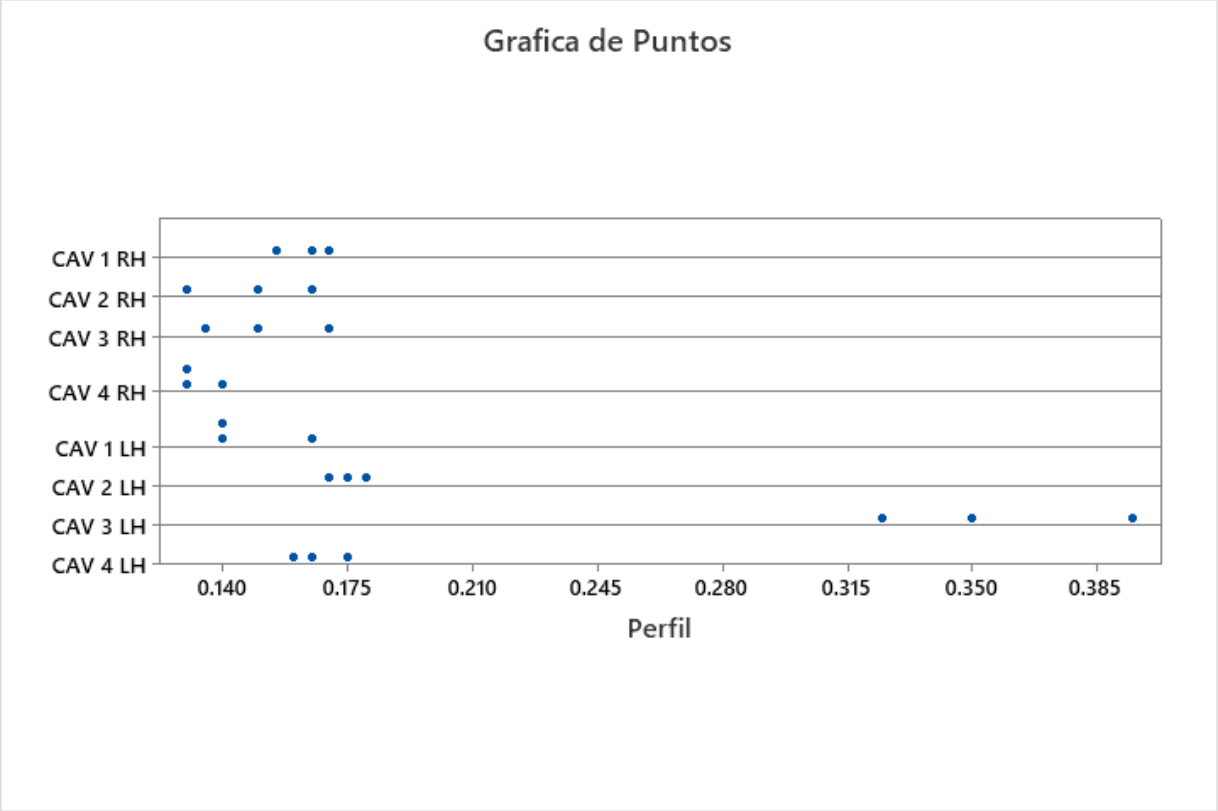
Figura 11: Grafica de comparación de planicidad entre los frame RH vs LH



Fuente: Elaboración propia

Con la conclusión anterior se prosigue a descartar la segunda causa potencial y se busca la confirmación de la primer “Perfil cerrado en el área del bumper del housing”. Existen 4 cavidades de housing para cada lado, 4 cavidad RH y 4 cavidad LH, en este caso se midió el perfil de tres piezas por cavidad y los resultados se representan en la siguiente grafica de puntos.

Figura 12: Grafica de puntos del perfil por cavidades



Fuente: Elaboración propia

En este caso podemos observar que los resultados de la cavidad 3 LH presenta una separación de datos contra el resto de las cavidades siendo esto una posible causa del porque existe un mayor rechazo en la linea LH que en la linea RH. Este resultado dimensional llevado a la pieza física se entiende que se tendría un perfil más cerrado en el área del bumper que el resto de las cavidades, lo que nos acerca aún más a la confirmación de que es la causa raíz.

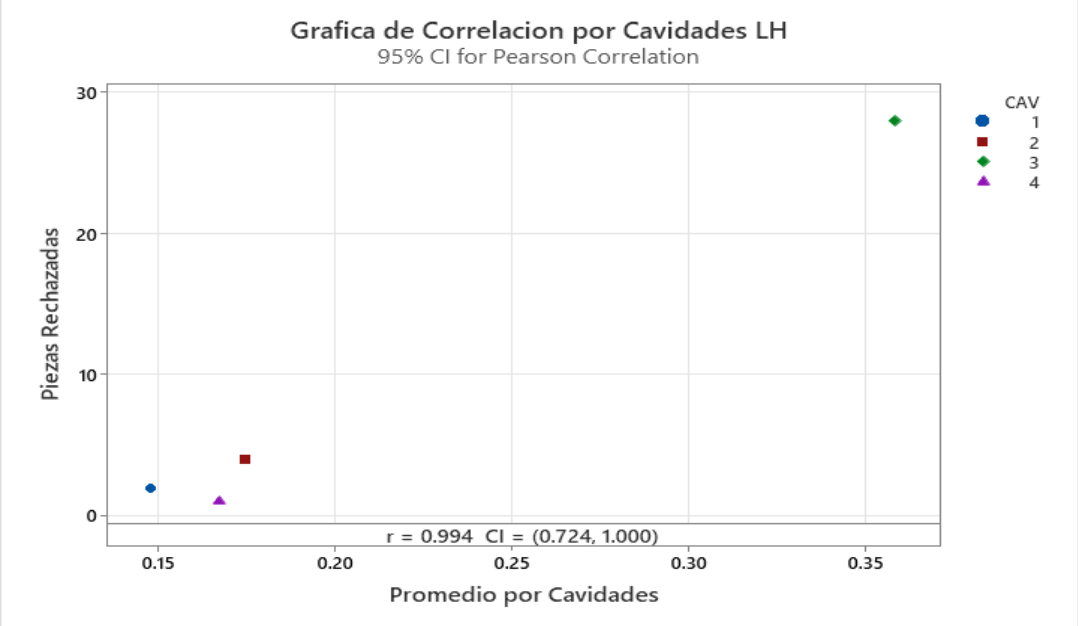
El siguiente paso tiene como objetivo encontrar una relación entre los resultados del perfil contra las piezas segregadas en a linea de producción LH, para esto se tomó una muestra de 35 piezas rechazadas y se revisaron para registrar de que cavidad pertenecía cada una de ellas, en la tabla 9 y la gráfica de la figura 13 podemos comprobar que el hecho de que la cavidad 3 LH presente un perfil mayor incrementa las piezas rechazadas de esta cavidad considerablemente, lo anterior se puede tomar como una confirmación de que la causa potencial “Perfil cerrado en el área del bumper del housing” es la causa raíz o principal contribuidor para la falla de forkbolt.

Tabla 9 Promedio del perfil por cavidades LH

CAV	Piezas Rechazadas	Promedio del perfil por cavidades LH
1	2	0.1482
2	4	0.1749
3	28	0.3585
4	1	0.1676

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Grafica de correlación entre la cantidad de piezas rechazadas contra el promedio del perfil por cavidades.



Fuente: Elaboración propia

3.11.10 Mejorar

En objetivo de esta fase es realizar las acciones necesarias para que la condición del perfil cerrado como contribuidor principal que se identificó en el paso anterior sea eliminado y se logre el objetivo principal de este proyecto que son los altos rechazos. Par lograr lo mencionado se crea el plan de acción mostrado en la tabla 10.

Tabla 10 Plan de acción para mejorar

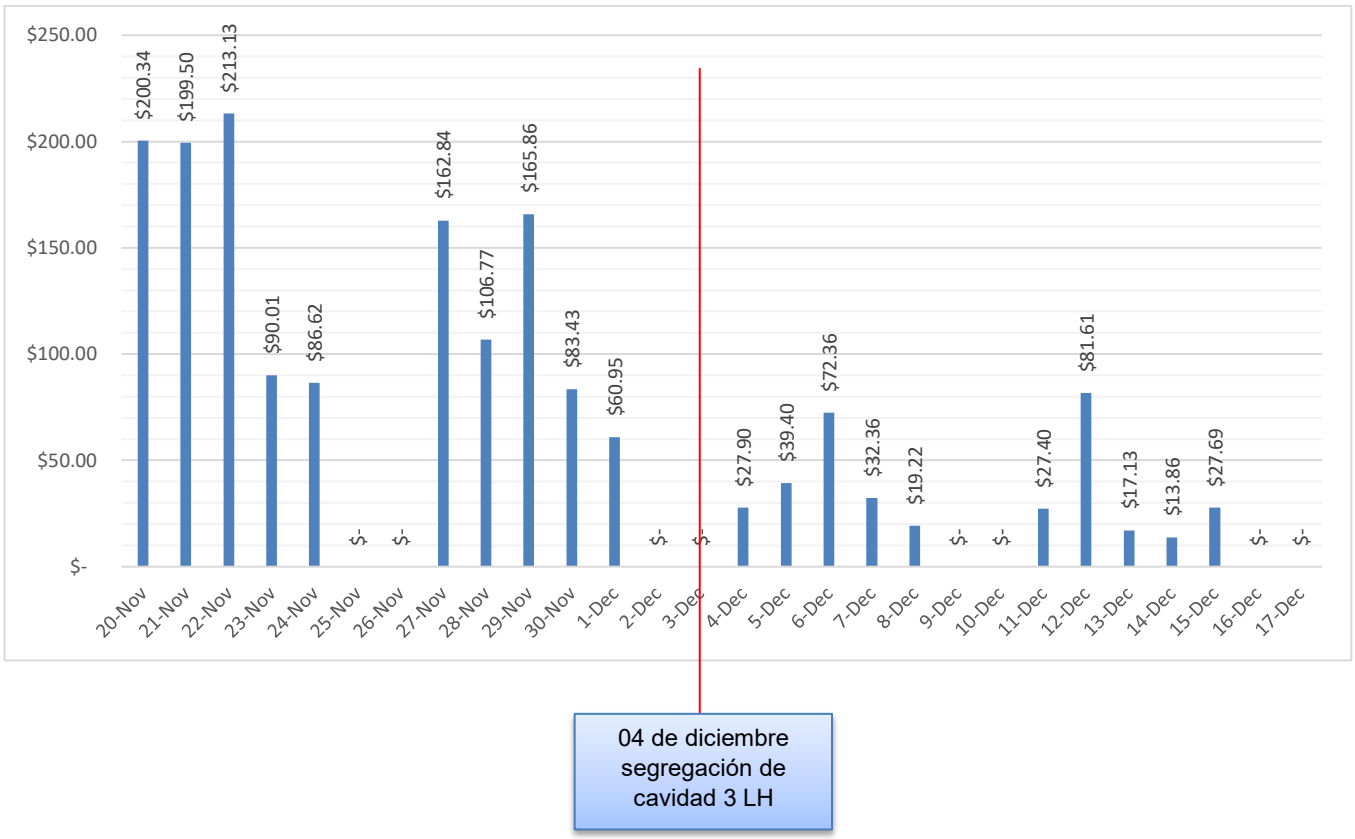
QUE	CUANDO	DONDE	PREDICCION DE RESULTADOS
CONTENER. Acciones inmediatas y/o temporales para mitigar los efectos			
Segregar cavidad 3 LH	04 de diciembre 2023	Inspeccion de Recibo	Disminuir altos rechazos de forkbolt lento
CORREGIR. Acciones Correctivas Irreversibles			
Reporte a proveedor	04 de diciembre 2023	Calidad de proveedores	Dar a conocer al proveedor la condición del perfil alto en la cavidad 3 LH en el área del cam
Implementar punto limpio después de mejoras del proveedor	15 de enero 2024	Linea latch GEN 2 LH	Disminuir altos rechazos de forkbolt lento

Fuente: Elaboración propia

Como medida de contención se empezó a segregar la cavidad 3 LH del housing en inspección de recibo, esto para que no llegue a la linea latch y no genere rechazos, esta actividad se realizó en el área de inspección de recibo, adicionalmente al ser este un componente de proveedor externo se realizó el reporte al proveedor para que realice las modificaciones necesarias en su proceso de producción cuyo objetivo es llevar la condición actual del perfil de la cavidad 3 LH a la condición del resto de las cavidades.

Para evaluar en la linea de producción la primera acción realizada que fue la segregación de la cavidad 3 LH, se realizó la gráfica de la figura 14 donde podemos observar que después de la acción se redujo el costo de scrap por esta falla. En este caso se comparan las dos semanas anteriores y las semanas posteriores al retiro de esta cavidad, se incluyeron los costos de ambas líneas para tener un panorama del impacto en el costo total.

Figura 14: Grafica de comparación entre antes y después de la segregación de la cavidad 3 LH

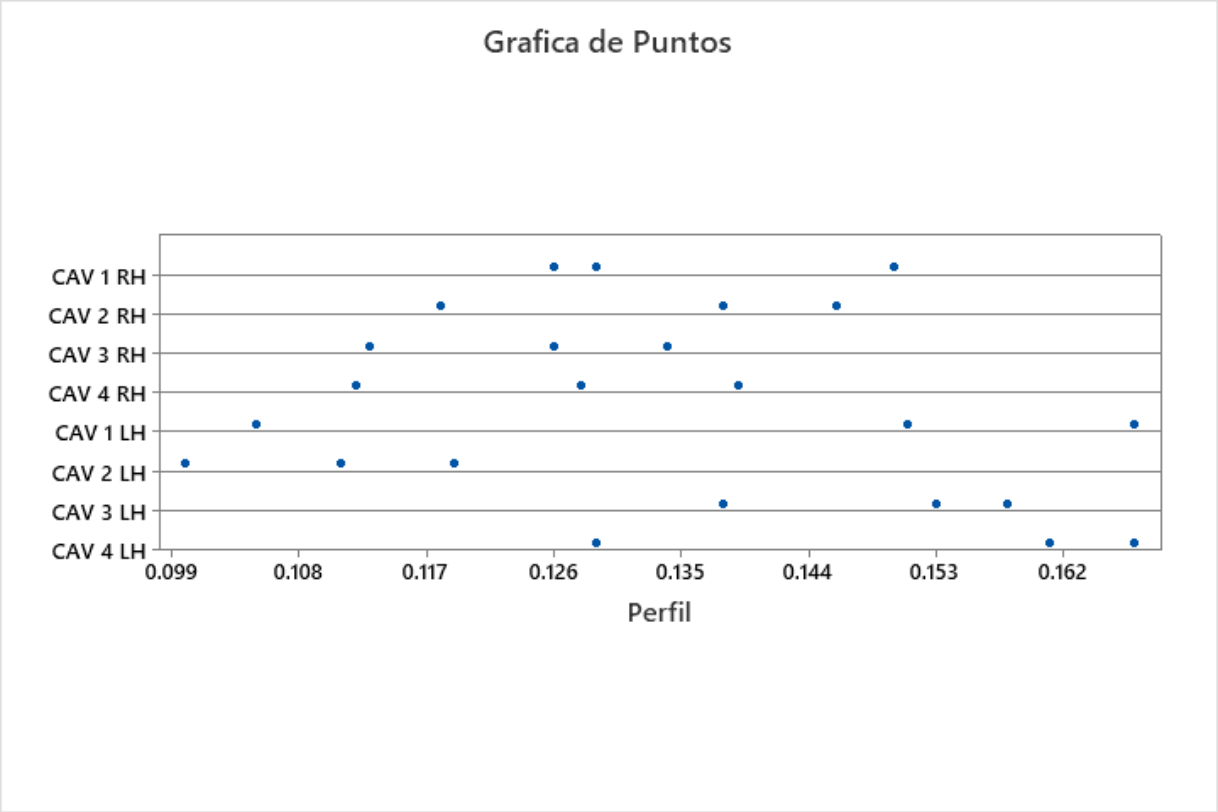


Fuente: Elaboración propia

En las últimas dos semanales antes de la segregación de la cavidad 3 LH se tenía un promedio de scrap diario de $136.95 dólares, en las siguientes dos semanas se obtuvo un promedio diario de $35.89 dólares. El problema de forkbolt lento no se eliminó por completo, pero vemos una reducción de rechazos muy significativa.

Despues del reporte a proveedor este realizo una verificación y una mejora en sus parámetros de proceso para lograr una disminución en el perfil en el área del bumper del housing. En la siguiente grafica de la figura 15 podemos observar los nuevos resultados dimensiones del perfil después de las acciones correctivas del forkbolt, en este caso el comportamiento de la cavidad 3 LH se observa igual que el resto de las cavidades.

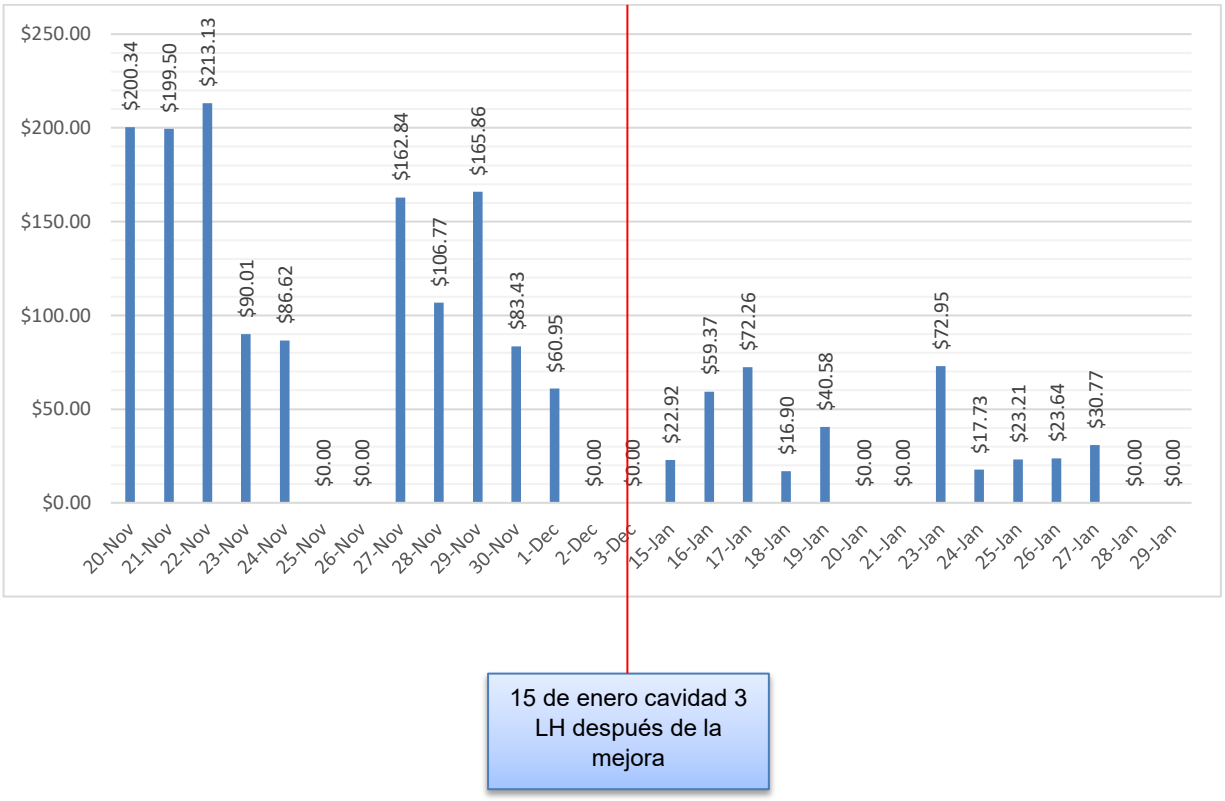
Figura 15: Grafica de puntos del perfil por cavidades después de las acciones correctivas del proveedor



Fuente: Elaboración propia

Las piezas con la modificación fueron introducidas en la linea del latch hasta el 15 de enero 2024 con los resultados esperados, en la gráfica de la figura 16 comparamos las últimas dos semanas antes de la segregación de la cavidad 3 LH contra las primeras 2 semanas donde se utilizaron las piezas después de la mejora realizada por el proveedor.

Figura 16: Grafica de comparación entre antes y después de las acciones correctivas del proveedor



Fuente: Elaboración propia

En las últimas dos semanales antes de la segregación de la cavidad 3 LH se tenía un promedio de scrap diario de $136.95 dólares, en las primera dos semanas después de empezar a utilizar todas las cavidades nuevamente incluyendo la cavidad 3 LH con la mejora se obtuvo un promedio diario de $38.03 dólares. En este caso se tuvo una reducción del 72 % en el número de rechazos.

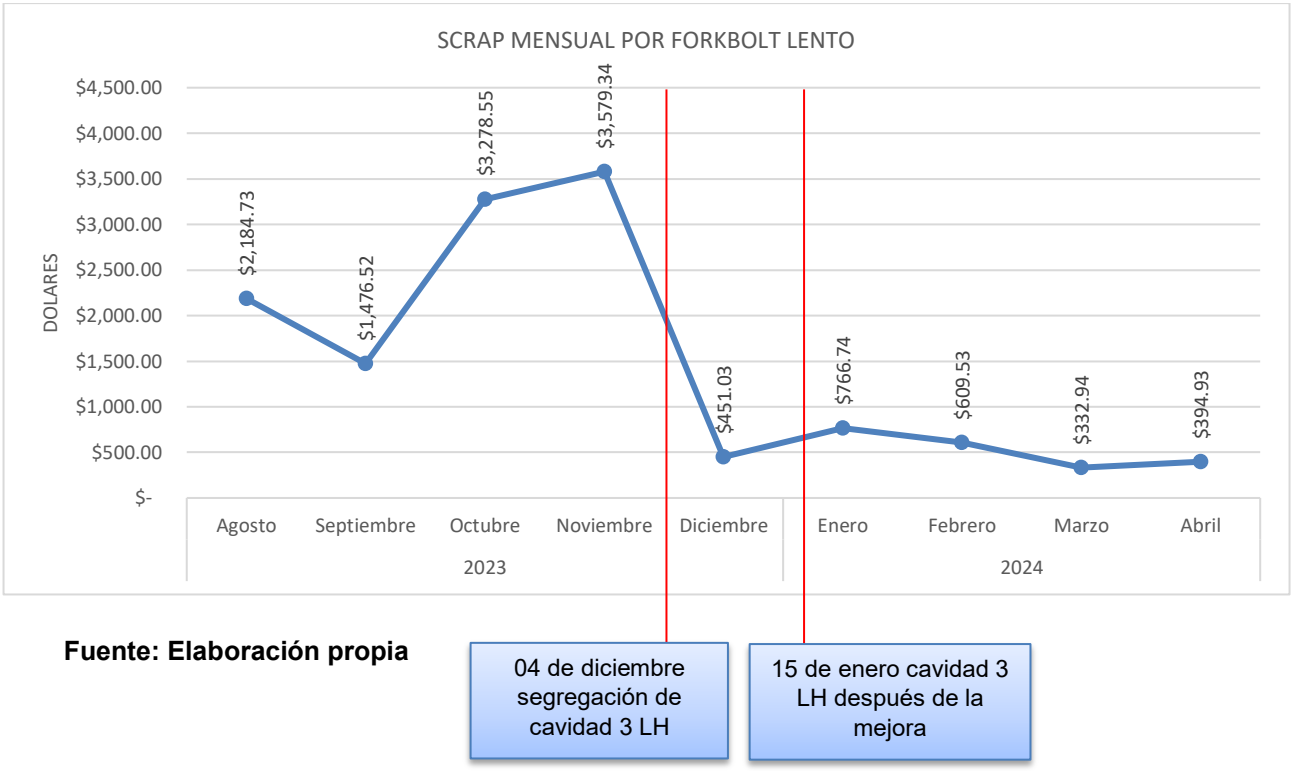
3.11.11 Controlar

En la última etapa del proceso DMAIC tenemos que controlar, es decir crear controles para que el para el defecto no suceda o través o sea detectado a tiempo después de que ya sucedió, así como la evaluación de los resultados a un plazo de tiempo mayor.

El housing donde se presentó el problema de perfil cerrado se recibe de un proveedor por lo tanto este material llegue al área de incoming inspection, en este caso se agregó una auditoria mensual en la cual se tomará una pieza de cada cavidad y se someterán a medición del perfil, de esta manera se estará monitoreando que los resultados del perfil están dentro de los parámetros esperado antes de enviarlo a la linea latch. Esta auditoria se documentó en el control plan de inspección de recibo (anexo 1 y 2).

Despues de las acciones correctivas de proveedore y los controles en inspección de recibo se estuvo monitoreando los costos de scrap por forkbolt lento de los siguientes 4 meses, enero, febrero, marzo y abril 2024, con el fin de visualizar la mejora en largo plazo, en la siguientes grafica de la figura 17 podemos ver el desempaño de los costos de scrap antes y después de las acciones realizadas.

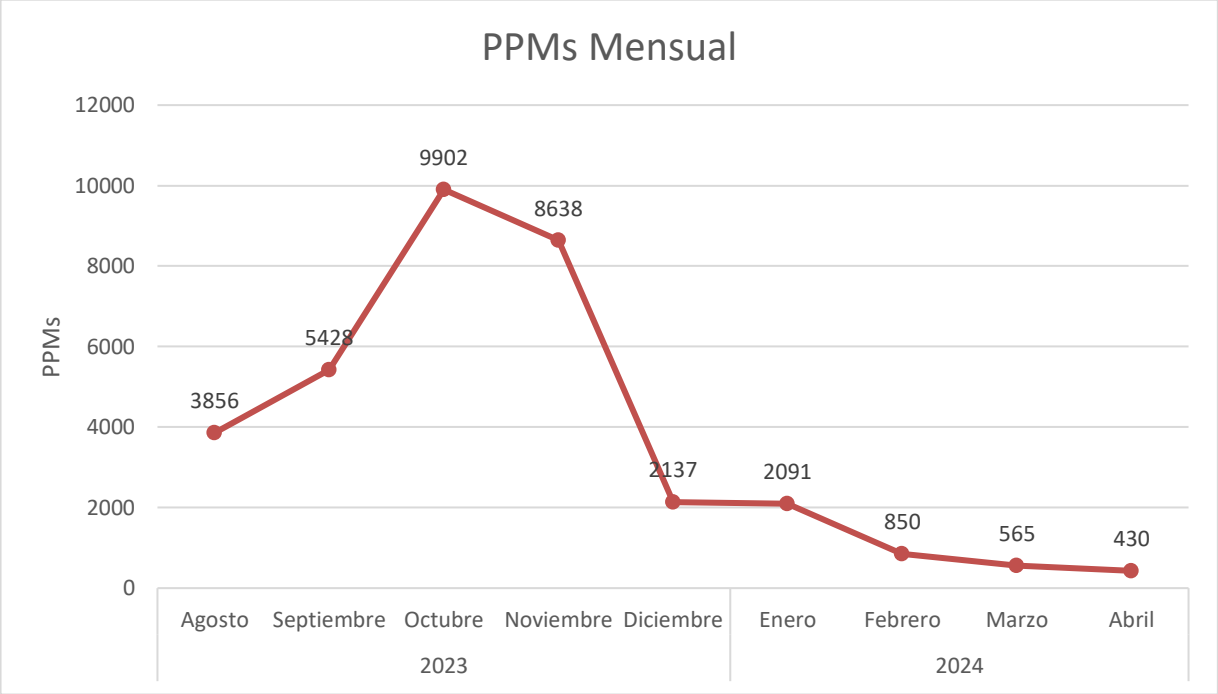
Figura 17: Grafica de comparación de costos de scrap mensuales entre antes y después de las acciones realizadas



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente también se generó la gráfica de la figura 18 donde observamos la disminución de scrap por forkbolt lento en la linea GEN 2 en PPMs a partir del mes de diciembre 2023.

Figura 18: Scrap por forkbolt lento en la linea GEN 2 en PPMs



Fuente: Elaboración propia

Como paso final en la fase del proceso DMAIC se actualizo la en marco del proyecto en la tabla 11 con los resultados obtenidos y se agregaron las fechas del término de cada una de las fases del proceso.

ALTOS COSTOS DE SCRAP POR LA RAZON DE FORKBOLT LENTO				
Descripción del problema				
Se detecta un alto costo de scrap a nivel planta, haciendo una revisión se detecta que la linea con mayor contribución a este problema es la linea de GEN 2. En este caso de selecciona la razón de scrap con mayor costo de la linea de GEN 2 el cual es forkbolt lento.				
Justificación			**Alcance**	
De acuerdo con los datos del año fiscal 2023 la linea de GEN 2 contribuye al 25% del total de los costos de scrap lo cual nos indica que se debe trabajar en las causas para buscar una disminución de los costos en esta linea de producción.			En la linea de producción de las cerraduras de GEN 2 está dentro del alcance solo los subensambles de frame y latch debido que la condición de forkbolt lento se genera en estas dos linea y es detectada en la estación funcional de la linea de latch. La linea final queda excluida.	
Clientes afectados			**Patrocinadores**	
En este caso la parte afectada es la misma linea de latch debido a que el defecto de forkbolt lento es detectada por la estación de prueba funcional (error proofing).			Gerente de Calidad: Celene Reyna Gerente de Producción: Juan Alvarez Gerente de Mantenimiento: Rene Moreno	
Métricos				
Métrica de Éxito	**Actual**	**% Mejora**	**Meta**	**Unidades de Medida**
Promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento.	$ 2313.27	50%	$ 1156.63	Dólares
Meta			**Miembros del Equipo**	
Disminuir al menos en un 50% el promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023. **META CUMPLICA:** Se disminuyo el promedio mensual de $ 2313.57 dólares a $ 609.10 dólares. Se redujo en un 73%.			Supervisor General de Calidad: Ali Galvan Ingeniero de Calidad: Gilberto Villafranca Ingeniero de Calidad: Paloma Sifuentes Ingeniero de Calidad de Proveedores: Karla Campos Supervisor de Mantenimiento: Miguel Neyra Supervisor de Producción: Zacarias Piña Supervisor General de Herramientas: Saul Perales	
Plan Preliminar del Proyecto	**Fecha Tentativa**		**Fecha de Realización**	
Definir	05 de noviembre de 2023		03 de noviembre de 2023	
Medir	10 de noviembre de 2023		10 de noviembre de 2023	
Analizar	05 de diciembre de 2023		04 de diciembre de 2023	
Mejorar	20 de enero de 2024		15 de enero de 2024	
Controlar	30 de abril de 2024		30 de abril de 2024	

Tabla 11: Marco del proyecto final

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.0. Resultado de la Hipótesis General

Como resultado para la hipótesis general es que la metodología DMAIC si puede contribuir a “disminuir al menos en un 50% el promedio mensual de los costos de scrap por la condición de forkbolt lento tomando en consideración los meses de agosto, septiembre y octubre del 2023”, el desarrollo sistemático de los pasos ayudo a encontrar el contribuidor principal para falla de forkbolt lento y gracias a esto se pudo iniciar con un proceso de contención mediante la segregación de la cavidad donde se presentaba la desviación, reduciendo los costos significativamente. Despues de la implementación de las acciones correctivas y monitorearon los resultados se encontró una disminución del 76% de scrap para el modo de falla ya mencionado.

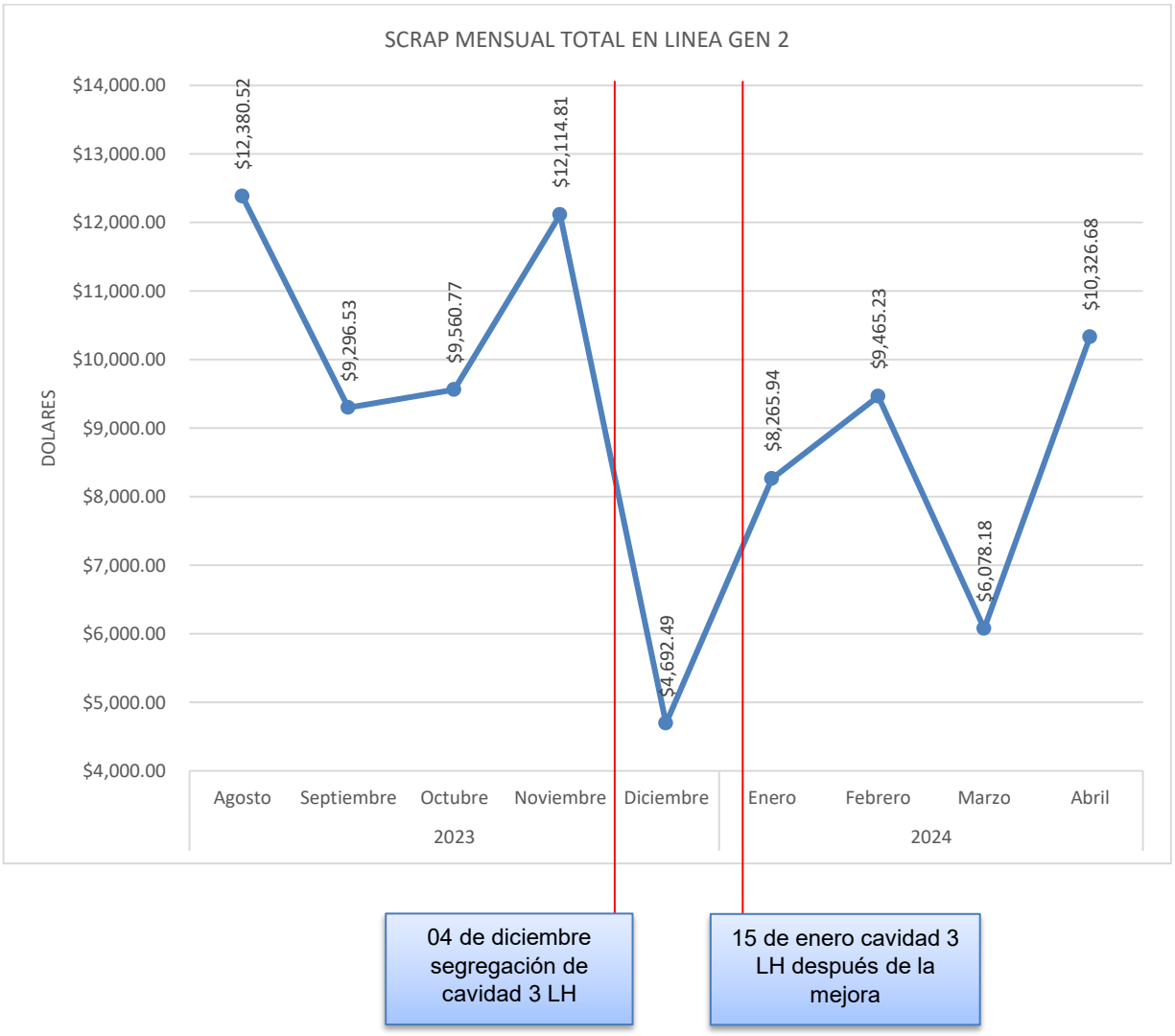
4.1. Resultado de la Hipótesis secundaria 1

La primera hipótesis secundaria afirmaba los siguiente:

1. Se cree que al reducir los costos de scrap en la razón de scrap de forkbolt lento se ayudara a disminuir el scrap general de la linea de GEN 2.

Despues de la revisión de los resultados vemos que datos no confirman que la hipótesis secundaria 1 se cumplió, lo anterior debido a que a pesar de que logro la disminución de scrap por forkbolt lento esto no contribuyo realmente a la disminución de scrap de la linea.

Figura 19: Grafica de comparación de los costos de scrap totales entre antes y después de las acciones realizadas



Fuente: Elaboración propia

4.2. Resultado de la Hipótesis secundaria 2

La segundad hipótesis secundaria afirmaba los siguiente:

2. Se cree que al producir menor cantidad de piezas no conformes en las líneas de producción se tiene menor riesgo de enviar alguna de ellas al cliente y se podrá mantener los PPMS de cliente en 0 por quejas relacionas a la razón de scrap seleccionada.

Despues de la realización del proyecto se observó que el modo de falla de forkbolt lento disminuyo en más del 70% por ciento, esto es un indicador de que la probabilidad de que se envié una pieza de a cliente es probable en menor proporción. Sin embargo, también se determinó que el método de detección en la linea de latch es un método efectivo y que los controles que se tienen ayudan a que el problema no salga de linea latch hacia linea final.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones

Despues de la terminación del proyecto podemos concluir que el uso de la metodología DMAIC para la reducción de scrap es efectiva debido a que al realizar cada uno de los pasos de esta nos ayuda llevar desde un inicio la informacion de forma ordenada y clara haciendo hincapié en un correcto planteamiento del problema. Lo anterior es clave para iniciar con la búsqueda de las causas de problema e identificar el principal contribuidor del problema.

Este tipo de metodologías nos brindan un panorama más amplio en cada uno de los pasos desarrollados siempre y cuando se sigan al pie de la letra, lo que nos sirve para en el camino no olvidemos informacion importante que nos sirva para el proceso de toma de decisiones posterior.

En la industria automotriz debido a su dinamismo y sentido de urgencia en la solución de problemas en ocasiones no se siguen metodologías estructuradas al implementar proyectos o intentar solucionar problemas, estas prácticas en ocasiones nos dan indicadores erróneos, como lo son causas raíz incorrectas. Con la finalización de esta tesis y los resultados obtenidos nos damos cuenta de que el uso de metodología estructurada a pasar de que en ocasiones sea más tardada siempre es mejor porque nos brindara resultados más efectivos y cumpliremos los objetivos de manera eficaz.

5.2. Recomendaciones

A pesar de que el usar metodologías para la solución de problemas producen resultados efectivos cuando se realizan tal como se diseñaron por los autores de estas y el uso de las mimas ayudan de gran manera como se mencionó anteriormente existe un factor aún más importante que es el capital humano. Podemos tener el mejor método de investigación y las mejores herramientas, pero lo más importante es el involucramiento del equipo de trabajo en el proceso, es decir el nivel de compromiso que estos tengan al momento de participar en cada una de las fases que en este caso fue loa metodología DMAIC.

Por eso la recomendación es que antes de iniciar cualquier proyecto de cualquier índole se asegure el compromiso de los equipos de trabajo y que tengan claros los objetivos de este para que cada una las acciones de cada integrante del equipo estén orientadas hacia este objetivo en común, de esta manera las probabilidades de éxito serán mayores.

Otro factor es que al determinar el equipo de trabajo se deben de seleccionar las personas adecuadas para el mismo, es decir que sean las personas que más experiencia tengan en el proceso o situación en la que se valla trabajar, esto ahorra tiempo de investigación debido a que en muchas ocasiones estas personas tienen informacion relevante para llegar a la meta propuesta con mayor facilidad.

Fuentes de Información

DigiLEAN (2024). An introduction to DMAIC. https://www.digilean.com/introduction-to-dmaic/

Economipedia. (01 de octubre de 2021). Plan de control de calidad. https://economipedia.com/definiciones/plan-de-control-de-calidad.html.

Imagineer. (10 de mayo de 2022). DMAIC y otras herramientas Six Sigma para potenciar la mejora continua. https://blog.imagineer.co/es/estrategia/dmaic/dmaic-y-otras-herramientas-six-sigma-para-potenciar-la-mejora-continua.

Ishikawa K. (1994). Introducción al control de calidad. Madrid España. Diaz de Santos.

Martínez M. y Morales J. (07 de enero de 2022). Lean Seis Sigma para la Mejora de los Procesos. Universidad Miguel Hernández de Elche. https://play.google.com/books/reader?id=jKVYEAAAQBAJ&pg=GBS.PA2

Narcia Y. (abril de 2016). ¿Como analizar los procedimientos de su empresa?. PYMES y Organización. https://emprendedores.unam.mx/boletin/pdf/158como.pdf

Parker México. (27 de noviembre de 2018). Indicadores Clave para Mejorar la Producción. https://blog.parker.com/site/MX/details-home-page/indicadores-clave-para-mejorar-la-producci%C3%B3n-mx#:~:text=Partes%20por%20mill%C3%B3n%20(PPM),para%20ser%20consideradas%20piezas%20buenas.

Pymes y calidad 2.0 (07 de diciembre de 2013). El análisis ES – NO ES, un básico para encontrar la causa raíz de NC's. https://www.pymesycalidad20.com/el-analisis-es-no-es-encontrar-la-causa-raiz-ncs.html

Safety Culture. (01 de diciembre de 2022). PFMEA: una guía para prevenir fallos en los procesos. https://safetyculture.com/es/temas/pfmea/.

Sarmiento L. (2010). Introducción a los costos de calidad. ISO 9000 Plus.

UANL. (2004) ¿Cuánto cuesta la calidad? chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://eprints.uanl.mx/12439/1/A6.pdf.

UTLEON. (30 de septiembre de 2020). Manejo de scrap para cumplimiento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación. http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Impr_Manejo_de_scrap_para_cumplimiento_de_la_Industria_Manufacturera_Maquiladora_y_de_Servicios_de_Exportacion.html.

Wilsoft. (16 de noviembre de 2021). Empresa automotriz automatiza su proceso de Auditoría de Error Proofing con Wilsoft QPROCESS. http://www.wilsoft-la.com/empresa-automotriz-automatiza-su-proceso-de-auditoria-de-error-proofing-con-wilsoft-qprocess/.

Anexos

Anexo 1: Control plan de estación de prueba latch ST 90

Part / Process Number Número de parte / proceso	Process Name / Operation Description Descripción de la Operación / Nombre del Proceso	MACHINE, DEVICE JIG, TOOLS FOR MFG Equipo, Maquinaria, Herramienta	CHARACTERISTICS Características			SPECIAL CHART CLASS Caract. Esp.	METHODS Métodos					REACTION PLAN Plan de Reacción
			NO No.	PRODUCT Producto	PROCESS Proceso		PRODUCT / PROCESS SPECIFICATION / TOLERANCE Especificación / Tolerancia de Producto / Proceso	EVALUATION/ MEASUREMENT TECHNIQUE Técnica de Medición / Evaluación	SAMPLE Muestra SIZE Tamaño	SAMPLE Muestra FREQ Frecuencia	CONTROL METHOD Método de Control	
30	Levantar el palet e iniciar la prueba funcional automática Lift the Pallet and Start auto Functional Test.	Est. 90			Verificación de funcionamiento correcto del sensor que detecta forkbolt abierto		Sensor detecta forkbolt abierto	Inspección visual	1 vez	Por turno	Formato de setup INT-3757	El mecanico deberá parar produccion y notificar a lider/ supervisor de produccion. Segregar el material sospechoso, identificar la no-conformidad. Se deberá ajustar, verificar y registrar las acciones tomadas.

Anexo 2: Formato de setup INT-3757

Puntos de Revision		Estaciones									
		10	20	30	40	50	60A	60B	80	90	General
30	Verificar visualmente el buen funcionamiento y ajuste del sensor que detecta que el F/b está abierto.										

Anexo 3: Control plan de inspección de recibo para cavidades RH

No	Specification	Target	Limits	Gage	Sample	Measurements	Reaction Plan
16922790.10.1 +	VERIFICAR EL PERFIL DEL CAM Ver dibujo adjunto DIM 60.	0.000 mm	0.200 0.000	CMM	UNA PIEZA POR CAVIDAD(4)/ INT-2521		Notificar a Ingeniero de Calidad de Proveedores

Anexo 4: Control plan de inspección de recibo para cavidades LH

No	Specification	Target	Limits	Gage	Sample	Measurements	Reaction Plan
16922791.10.1 +	VERIFICAR EL PERFIL DEL CAM. Ver dibujo adjunto DIM 60.	0.000 mm	0.200 0.000	CMM	UNA PIEZA POR CAVIDAD(4)/ INT-2521		Notificar a Ingeniero de Calidad de Proveedores

Anexo 5: Certificado turnitin



turnitin

Identificación de reporte de similitud: oid:20755:369668060

NOMBRE DEL TRABAJO
001 - Estructura Tesis - Gilberto Villafranca 07 21 2024.docx

AUTOR
Gilberto Villafranca

RECUENTO DE PALABRAS
13792 Words

RECUENTO DE CARACTERES
69684 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS
74 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO
1.6MB

FECHA DE ENTREGA
Jul 23, 2024 1:26 PM CST

FECHA DEL INFORME
Jul 23, 2024 1:27 PM CST

7% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente

Resumen