UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN

Tema:

MEJORA DE CALIDAD EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS APLICANDO LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN LA EMPRESA METÁLICAS PILLAPA.

Proyecto de Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

Sub línea de investigación

Sistema de Gestión de Calidad Total.

AUTOR: Pilla Yanzapanta Oscar Eduardo

PROFESOR REVISOR: Ing. Ana María Pilco Salazar Mg.

Ambato – Ecuador
2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: "MEJORA DE CALIDAD EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS APLICANDO LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN LA EMPRESA METÁLICAS PILLAPA" realizado por el señor Pilla Yanzapanta Oscar Eduardo, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato marzo, 2019

LA TUTORA

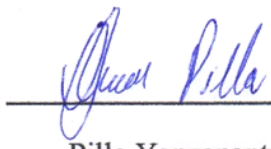
Ing. Ana María Pilco Salazar Mg.

AUTORÍA DEL TRABAJO

El presente Proyecto de Investigación titulado: "MEJORA DE CALIDAD EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS APLICANDO LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN LA EMPRESA METÁLICAS PILLAPA", es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprende del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato marzo, 2019

AUTOR



Pilla Yanzapanta Oscar Eduardo
C.I. 1805346556

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato marzo, 2019

Pilla Yanzapanta Oscar Eduardo
C.I. 1805346556

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. John Paul Reyes Vásquez e Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado "MEJORA DE CALIDAD EN *LOS PROCESOS PRODUCTIVOS APLICANDO LA METODOLOGÍA* SEIS SIGMA EN LA EMPRESA METÁLICAS PILLAPA", presentado por el señor Oscar Eduardo Pilla Yanzapanta de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. John Paul Reyes Vásquez, Mg.
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, Mg
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mis padres Hislayo y María, también a mi abuelita Rosa*, por apoyarme constantemente en cada proyecto de mi vida, por su valioso sacrificio, por el amor entregado a cada uno de sus hijos, sus valores, por la motivación, por ser mis guías para poder ser una persona de bien.*

A mis hermanos *Cesar, Javier, Edisson, a mis hermanas Margarita y Rosa, por su apoyo y motivación en todo momento de mi vida.*

A mi sobrina Samira, *por ser un ángel que llena mi vida de felicidad.*

Oscar Pilla.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato por darme la oportunidad de estudiar y ser u profesional.

A todo el personal Docente y Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industria, por impartir los conocimientos y facilidades necesarias para desenvolverse en la carrera estudiantil.

Al la Ing. Ana Pilco Mg., por ser la guía del desarrollo del proyecto, por su interés y dedicación, por su paciencia, por brindarme sus conocimientos para poder terminar mi carrera universitaria con éxito.

Al Tnlgo. Leonardo Pillapa, jefe de producción de METÁLICAS PILLAPA, por su apertura y colaboración para la realización de la presente investigación.

Oscar Pilla

ÍNDICE GENERAL

PORTADA i
APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL viii
ÍNDICE DE TABLAS xii
ÍNDICE DE FIGURAS xiv
RESUMEN xvi
ABSTRACT xvii
INTRODUCCIÓN xviii
CAPÍTULO I 1
EL PROBLEMA 1
1.1. Tema de investigación: 1
1.2. Planteamiento del problema 1
1.3. Delimitación 5
1.4. Justificación 5
1.5. Objetivos 6
1.5.1. Objetivo general 6
1.5.2. Objetivos específicos 6
CAPÍTULO II 7
MARCO TEÓRICO 7
2.1. Antecedentes investigativos 7
2.2. Fundación teórica 11
2.2.1. Gestión por procesos 11
2.2.2. Tipos de mejora del proceso 13
2.2.3. Calidad 13
2.2.4. Gestión de la calidad total 14

2.2.5. Control estadístico de procesos 14
2.2.6. Seis Sigma 19
2.2.7. Metodología Seis Sigma DMAIC 22
2.2.8. Definir el proyecto (D) 22
2.2.9. Medir la situación actual (M) 23
2.2.10. Analizar las causas raíz (A) 23
2.2.11. Mejorar (I) 24
2.2.12. Controlar para mantener la mejora (C) 24
2.2.13. Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF) 25
2.2.14. Propuesta de solución 27
CAPÍTULO III 28
METODOLOGÍA 28
3.1. Modalidad de investigación 28
3.2. Población y muestra 28
3.3. Recolección de información 28
3.3.1. Procedimiento para la codificación de documentos 29
3.3.2. Procedimiento para la evaluación del nivel de calidad de los procesos 31
3.3.3. Procedimiento para la aplicación de la metodología Seis Sigma DMAIC 36
3.3.4. Metodología para la aplicación de Seis Sigma DMAIC 40
3.4. Procesamiento y análisis de datos 43
3.4.1. Lista de observación 43
CAPÍTULO IV 44
DESARROLLO DE LA PROPUESTA 44
4.1. Antecedentes generales 44
4.1.1. La empresa 44
4.1.2. Mapa de procesos 45
4.1.3. Estructura funcional 46
4.1.4. Productos ofertados 46
4.1.5. Análisis del objeto de estudio 49
4.1.6. Descripción del proceso de producción 51
4.1.7. Levantamiento de procesos 60

4.1.8. Diagrama sinóptico 61
4.1.9. Cursograma analítico 72
4.1.10. Problemas que se presentan en el proceso productivo 79
4.1.11. Historial de fallas del proceso productivo 80
4.2. Aplicación de la metodología Seis Sigma 82
4.3. Etapa definir 82
4.3.1. Definición del problema 82
4.3.2. Identificación de los procesos crítico 82
4.3.3. Identificación de los clientes 84
4.3.4. Voz del cliente (VOC) 85
4.3.5. Diagrama de Kano 85
4.3.6. Identificación de los CTQ's 86
4.3.7. Declaración de variables 87
4.3.8. Diagrama SIPOC 87
4.3.9. Carta del proyecto (Project Charter) 89
4.4. Etapa medir 91
4.4.1. Medir y recopilar datos 91
4.4.2. Mapa de proceso de fabricación de carrocerías 91
4.4.3. Identificacion de la medición y variación 92
4.4.4. Cálculo del nivel de calidad Seis Sigma 92
4.5. Etapa analizar 95
4.5.1. Análisis de los factores que originan la aparición de defectos 96
4.5.2. Matriz causa-efecto 96
4.5.3. Análisis de Modo y Efecto de las Falla AMEF 99
4.5.4. Desarrollo de un plan de recolección de datos 101
4.5.5. Determinación de la capacidad de proceso 103
4.6. Etapa mejorar 105
4.6.1. Generación de alternativas de mejora 105
4.6.2. Análisis de factibilidad 107
4.6.3. Presupuesto de la propuesta de mejora 108
4.6.4. Capacitación a operarios y jefe de producción 109
4.6.5. Control de calidad y producción 112
4.6.6. Selección de personal 112

4.6.7. Documentos y registros 112
4.6.8. Control de materia prima 113
4.6.9. Programa de mantenimiento máquinas, equipos y herramientas críticas..... 115
4.6.10. Plan para la documentación y registro para los aspectos de calidad.. 118
4.6.11. Evaluación de las mejoras propuestas 120
4.7. Etapa control..... 120
4.7.1. Planteamiento de un plan de control 122
4.7.2. Monitorear el proceso 125
4.7.3. Desarrollo del plan de reacción..... 130
CAPÍTULO V 133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 133
5.1. Conclusiones..... 133
5.2. Recomendaciones 134
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:..... 136
ANEXOS..... 140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de calidad Sigma 20
Tabla 2. Valores Cp y su interpretación 21
Tabla 3. Resultados de NPR 26
Tabla 4. Procedimiento para la codificación de documentos 29
Tabla 5. Código de la información documentada 30
Tabla 6. Procedimiento para la evaluación del nivel de calidad de los procesos 31
Tabla 7. Detalle de la población a ser considerada para la recolección de los datos del nivel de calidad 34
Tabla 8. Tiempos de inspección por áreas de producción 35
Tabla 9. Procedimiento para la aplicación de la metodología Seis Sigma DMAIC .. 36
Tabla 10. Etapas y herramientas de Seis Sigma 39
Tabla 11. Análisis ABC de los modelos de buses 49
Tabla 12. Producción Metálicas Pillapa 50
Tabla 13. Simbología de la norma ASME para la elaborar diagramas de flujo 60
Tabla 14. Diagrama analítico del proceso de producción de Metálicas Pillapa 73
Tabla 15. Defectos hallados dentro del proceso de fabricado de carrocería 80
Tabla 16. Descripción de los clientes 84
Tabla 17. Requisitos de los clientes internos y externos 85
Tabla 18. Requisitos de clientes internos externos 85
Tabla 19. Árbol de CTQ's del proyecto 86
Tabla 20. Carta del proyecto 89
Tabla 21. Detalle de la muestra para la identificación y cuantificación de los defectos 93
Tabla 22. Mediciones de nivel de calidad sigma 94
Tabla 23. Resumen del nivel de calidad sigma 95
Tabla 24. Matriz causa-efecto 97
Tabla 25. Matriz AMEF 100
Tabla 26. Factores de medición 101
Tabla 27 Plan de recolección de datos de los procesos de Metálicas Pillapa 102
Tabla 28 Parámetros para realizar la recolección de datos 103
Tabla 29. Tabla de valores de DPO del proceso de armado de estructura 104
Tabla 30. detalles de las alternativas de mejora 106

Tabla 31. Factibilidad de las alternativas de mejora 108
Tabla 32. Presupuesto del proyecto Seis Sigma..... 109
Tabla 33. Presupuesto plan de capacitación 2019..... 110
Tabla 34. Programas de capacitación para el personal de planta de Metálicas Pillapa 111
Tabla 35. Procedimiento operativo para el control de materias prima 114
Tabla 36. Documentación y registro para los aspectos de calidad..... 119
Tabla 37. Plan de control de proceso de armado de estructura y forrado exterior... 123
Tabla 38 Datos defectos de estructura del frente 126
Tabla 49. Datos defectos forrado del frente..... 128
Tabla 40. Resumen de las gráficas de los procesos armado de estructura y forrado exterior 131

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Elementos de una carta de control. 17
Fig. 2. Pasos de la fase de definición como parte de la herramienta DMAIC 22
Fig. 3. Pasos de la fase de medir como parte de la herramienta DMAIC 23
Fig. 4. Pasos de la fase de analizar como parte de la herramienta DMAIC 24
Fig. 5. Pasos de la fase de mejora como parte de la herramienta DMAIC 24
Fig. 6. Pasos de la fase de controlar como parte de la herramienta DMAIC 25
Fig. 7. Esquema general de actividades para realizar un AMEF 26
Fig. 8. Metodología para evaluación del nivel de calidad sigma 33
Fig. 9. Metodología para la aplicación de la metodología Seis Sigma DMAIC 38
Fig. 10. Logotipo de la empresa 44
Fig. 11. Mapa de Procesos 45
Fig. 12. Estructura funcional. 46
Fig. 13. Modelo ALFA 47
Fig. 14. Modelo ALFAMINI 47
Fig. 15. Modelo ALFA 700 47
Fig. 16. Modelo ALFA 7 48
Fig. 17. Modelo SHADDAI BUS 48
Fig. 18. Modelo MINICITY 48
Fig. 19. Modelo CITYBUS7 49
Fig. 20. Productos fabricados 50
Fig. 21. Recepción del chasis 51
Fig. 22. Preparación de materiales 52
Fig. 23. Armado de anclajes 52
Fig. 24. Armado piso 53
Fig. 25. Armado de laterales y techo 53
Fig. 26. Armado respaldo 53
Fig. 27. Armado frente 54
Fig. 28. Armado de bodegas 54
Fig. 29. Forrado de techo 54
Fig. 30. Forrado de laterales medios y faldón bajo 55
Fig. 31. Forrado frente y respaldo 55
Fig. 32. Forrado de bodegas 55
Fig. 33. Forrado de compuertas 56
Fig. 34. Construcción piso 56
Fig. 35. Preparación unidad 56
Fig. 36. Pintado de la unidad 57
Fig. 37. Forrado techo interior 57
Fig. 38. Forrado costados y respaldo 58
Fig. 39. Forrado piso y colocado de aluminio en los pasillos 58
Fig. 40. Forrado cabina 58
Fig. 41. Montaje de vidrios y parabrisas 58

Fig. 42. Pegado de señalética en la unidad..... 59
Fig. 43. Entrega de la unidad al cliente..... 60
Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías..... 61
Fig. 45. Pareto de defectos de los procesos de fabricación..... 82
Fig. 46. Diagrama de Pareto para identificación de las oportunidades de defecto en el proceso de Armado de Estructura..... 83
Fig. 47. Diagrama de Pareto para identificación de las oportunidades de defecto en el proceso de Forrado Exterior..... 84
Fig. 48. CTQ's del proyecto..... 87
Fig. 49. SIPOC del proceso de fabricación de carrocería..... 88
Fig. 50. Variables a medir en los procesos de Metalicas Pillapa..... 92
Fig. 51. Diagrama de Ishikawa de las causas-efectos del proceso de fabricación..... 96
Fig. 52. Diagrama de Pareto de defectos proceso de fabricación armado de estructura..... 98
Fig. 53. Diagrama de Pareto de defectos proceso de fabricación armado de estructura..... 99
Fig. 54 . Esquema ilustrativo de la mejora continua del proyecto..... 120
Fig. 55 Carta de control c para el proceso de fabricación de Estructura de frente... 127
Fig. 56. Carta de control c para el proceso de fabricación de Estructura de respaldo..... 127
Fig. 57. Carta de control c para el proceso de fabricación de escuadras de estructura..... 128
Fig. 58. Carta de control c para el proceso de forrado del frente..... 129
Fig. 59. Carta de control c para el proceso de forrado de laterales..... 129
Fig. 60. Carta de control c para el proceso de armado de compuertas..... 130

RESUMEN

La uniformidad en las especificaciones de una carrocería es una variable importante para el cliente interno y externo puesto que asegura un servicio seguro y un proceso estable. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo conocer los niveles de calidad sigma en las distintas áreas de fabricación de carrocerías de la empresa Metálicas Pillapa. La metodología aplicada para la determinación del nivel de calidad sigma se basa en la métrica DPMO, mientras que el análisis de los procesos se establece por la metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control). Los resultados indican niveles Sigma muy por debajo de lo aceptable con un valor de 1,2 sigma; la identificación de los procesos críticos muestra que el proceso de armado de estructura y forrado exterior, de acuerdo con el número de defectos presentes en los procesos con 113 y 104. En forma general el riesgo de aparición de defectos perdura al continuar con los mismos métodos de monitoreo en las áreas de armado de estructura y forrado exterior principalmente, y al no contar con planes de control adecuados en cada proceso generando molestias a los operarios. Por lo tanto, requiere de un control estadístico de procesos que permita reducir la variabilidad, así como fomentar el desarrollo e implementación de las estrategias de mejora con la finalidad de cumplir con los objetivos definidos por la empresa, así mismo la capacitación y desarrollo del personal.

ABSTRACT

The uniformity in the specifications of a body is an important variable for the internal and external customer since it ensures a safe service and a stable process. The aim of this research work is to know sigma quality levels in the different body manufacturing areas of the Metálicas Pillapa company. The methodology applied to determine the sigma quality level is based on the DPMO metric, while the analysis of the processes is established by the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve and Control). The results indicate Sigma levels well below acceptable with a value of 1.2 sigma; the identification of the critical processes shows that the process of structure assembly and external covering, according to the number of defects present in the processes with 113 and 104. In general, the risk of appearance of defects persists when continuing with the same methods of monitoring in the areas of structure assembly and external sheathing mainly, and not having adequate control plans in each process generating inconvenience to the operators. Therefore, it requires a statistical control of processes that allows reducing the variability, as well as promoting the development and implementation of improvement strategies in order to meet the objectives defined by the company, as well as training and development of personnel .

INTRODUCCIÓN

Seis Sigma un sistema amplio y flexible para alcanzar, mantener y maximizar el éxito de las empresas [1]. Los efectos de Seis Sigma han demostrado ser una gran herramienta para el incremento de la calidad de productos reduciendo la variabilidad de los procesos [2]. El aumento del nivel de calidad del producto es el resultado esperado de la metodología Seis Sigma ya que se basa en métodos estadísticos [3]. Cuando el nivel calidad del producto se reduce ya sea por el aumento de la ocurrencia de defectos o el control adecuado, el nivel sigma se reduce al límite permisible de 1,5 Sigma, por lo que significa desperdicio de esfuerzo por parte de la empresa [4]. Por lo tanto, es necesario un plan de control de los procesos contra la aparición de defectos dentro de las áreas de producción [5]; para este propósito, el primer paso es realizar una evaluación de los procesos mediante herramientas validas, cono el índice DPMO [6].

A medida que reduce el nivel de calidad, los defectos aumentan desarrollando procesos que no son los adecuados para el cumplimiento de las demandas de los clientes [7]; Por lo tanto, toda variación en los procesos conlleva a la disminución del nivel sigma del proceso. De este modo, existen límites para hasta qué punto la variabilidad es permisible, propuesto por Seis Sigma [8]. El nivel sigma depende del cuan contenida este la variación en relación a su especificación y menor es la probabilidad de errores o fallas [9]. Además, Seis Sigma emplea el método DMAIC, para analizar el comportamiento de los datos cuando las causas de los problemas no son conocidas o no son claras ya que emplea cartas de control, análisis de capacidad de procesos, experimentos diseñados entre otras herramientas estadísticas [10]. Al conocer el nivel sigma de los procesos se lo puede comparar con los limites sigma admisibles para saber si el proceso puede satisfacer las especificaciones de los clientes [11].

Esta investigación tiene como objetivo evaluar los niveles de calidad sigma de los procesos de producción de armado de estructura y forrado exterior de la empresa Metálicas Pillapa, para lo cual se aplica la metodología DMAIC para analizar las causas que generan la disminución de la calidad del producto, de tal manera proponer las mejores medidas de prevención y disminución de la variación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema de investigación:

"MEJORA DE CALIDAD EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS APLICANDO LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN LA EMPRESA METÁLICAS PILLAPA"

1.2. Planteamiento del problema

Para los últimos años según Lloyd's Register Quality Assurance Limited de Londres, indica que la variación de los procesos tiene un impacto directo en términos de costo, tiempo de ciclo, y el número de defectos, generando insatisfacción del cliente y a todos los aspectos de los procesos, está presente en los diferentes factores como son: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente presente en toda industria automotriz [12].

En los diferentes procesos de la línea de producción donde se produce mucha variación (disconformidades, residuos, etc.) o diferencias que están afectando a la producción, lo que lleva a generar productos de baja calidad y a su vez al no contar con planes de acciones se manufactura productos defectuosos; cuando la variación aumenta afecta a todas las especificaciones de cada parte del producto [13].

Hoy en día, es ampliamente reconocido que la variabilidad se encuentra en todas partes de las industrias no solamente afectando directamente al proceso, sino que crea efectos sobre la productividad. Por lo tanto, los procesos donde la variación está controlada tienen diferencias en el cumplimiento de los requisitos del cliente que los procesos con muchas fuentes de variación de otras industrias, no se puede

suprimir por completo la variabilidad, pero sí minimizarla [14].

En Europa se indica que, durante los años 2005 hasta 2012, hubo una caída del 6% con cierres de plantas al no conseguir controlar sus líneas de producción lo cual trajo una perdida en la manufacturación de productos, analizado por el Servicio de la Unión Europea en 2013. Lo que indica que la variabilidad en un proceso aparece como el resultado de aplicar métodos inadecuados para el monitoreo y control de la producción, para lo cual es importante identificar su origen y tomar medidas que eviten su reaparición en el futuro [15].

En Latinoamérica la carencia planes de mejora continua dentro de la industria automovilística y el deficiente control en respuesta a las variaciones generadas en los procesos, indica que en gran parte de las empresas no cuentan con un control estadístico en sus procesos y no analizan el entorno de producir productos defectuosos, por lo cual el nivel de calidad se ve afectado y su mercado potencia también decae al no aplicar medidas de monitoreo y control [16].

La variabilidad puede afectar la calidad de un producto generando inconvenientes a la industria, investigar y analizar las causas de variación como son: hombre, materiales, máquina y entorno. Se estable límites de variabilidad para evitar diferencias entre un producto y otro, por lo tanto, si la variabilidad es menor se obtiene una mejor calidad en los productos [4][15].

El controlar la variabilidad origina la disminución de fallos en los procesos, el uso adecuado de técnicas del control estadístico de procesos y el diseño de experimentos trae consigo grandes beneficios a la línea de producción. Los resultados que se obtienen, en un principio, detecta la variación de los procesos de fabricación, y mediante el uso de las cartas de control, es posible reducir significativamente la variación y ajustar el proceso a su valor nominal, por lo tanto, reflejando una reducción de pérdidas de materias y costos [17].

En un estudio realizado entre 2002 a 2005 referente a Seis Sigma como una herramienta de mejora la cual analiza las causas y efectos de variabilidad, minimizando la aparición de errores en los procesos. Las empresas emplearon a sus clientes para asegurar su eficiencia antes de aplicarla a procesos en otras áreas o utilizando a ellos mismos dentro de sus compañías obteniendo grandes resultados

maximizando el objetivo de las empresas. Hoy en día representa uno de los mejores sistemas de mejora continua para procesos de calidad, debido a que se basa en hechos y datos estadísticos para la toma de decisiones [18].

Para los países que se encuentran en vía de desarrollo continuo, es importante el conocimiento sobre calidad el cual es un requisito para el ingreso a los mercados nacionales e internacionales, además varios países tienen dificultades para cumplir con los estándares de calidad y demostrar que los productos cumplen con los requisitos pertinentes del cliente. Es importante que todas las empresas realizasen un control permanente en los procesos, alcanzando una producción con altos estándares técnicos, mediante la aplicación de sistemas de gestión de calidad, con el objeto de detectar las posibles fallas que puedan presentar y corregirlos a tiempo [19].

La industria carrocera a nivel nacional en los últimos años ha sido considerada un factor importante en el crecimiento económico y productivo, asi como en la generación de puestos de trabajo. El sector carrocero nacional tiene un impacto del 5.3 por ciento promedio en el Producto Interno Bruto del Ecuador y esta cifra ha ido en aumento debido a la renovación de las unidades y la alta demanda de la población por movilizarse [20].

De acuerdo a la Agencia Nacional de Tránsito y la Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías, existen 56 industrias carroceras registradas y homologadas para la elaboración de diferentes variedades de carrocerías que ofertan al mercado de la misma forma las unidades son sometidas a estrictos controles de calidad que brinden seguridad y comodidad a los pasajeros, logrando así un producto de importancia, además el libre ingreso de carrocerías extranjeras especialmente el producto chino y Brasileño que ocasiona que exista una alta competitividad en el mercado nacional [21].

Según el Ministerio de Industria y Productividad uno de los sectores a los que ha brindado su apoyo y da impulso es a la industria carrocera, a través de la creación del Centro de Fomento Metalmecánico Carrocero que permite la fabricación de estructuras, componentes carroceros asimismo se realizan pruebas de resistencia, seguridad y otros aspectos normativos de calidad, incorporando y asimilando nuevas tecnologías, esto hace que el sector carrocero tenga mayor competitividad

dentro de los mercados extranjeros [22].

En Ecuador de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2664:2013 (Vehículos automotores, Fabricantes de carrocerías metálicas para vehículos de transporte de pasajeros, Requisitos), establece los requisitos mínimos que deben de cumplir los fabricantes de carrocerías metálicas para vehículos de transporte de pasajeros, existen además de otras Normas Técnicas que establecen requisitos que deben cumplir los productos, como son: INEN 043, INEN 041, INEN 038, INEN 034, INEN-ISO 3833, INEN 2205, INEN 1323, mediante los cuales aseguran un transporte cómodo, seguro y regulado dentro de los mercados nacionales [23].

La producción de latonería forma parte fundamental de la economía de Tungurahua, según la Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías opera 26 empresas. Allí se generan más de 2800 puestos de trabajo. La producción provincial representa el 65 por ciento de la producción total del país. Estas empresas deben cumplir reglamentos y requerimientos normativos más exigentes los cuales mencionan los estándares de fabricación que debe poseer el producto, preservar la calidad y buscar oportunidades de mejoras es una característica principal que las empresas deben aplicar correctamente y cumplir con los estándares de calidad [24].

Metálicas Pillapa, es una empresa dedicada a la fabricación de carrocerías para transporte interprovincial de pasajeros por más de 19 años. Al ser una empresa en desarrollo su marca, ha ido ganando competitividad en el mercado reflejado por la satisfacción de sus clientes al adquirir una carrocería [25].

Esta empresa tiene una demanda considerada en la fabricación de buses de la misma forma cuenta con las instalaciones y el personal necesarias para satisfacer los estándares impuestos por los clientes, por otra parte la inexistencia de procedimientos que ayuden a mejorar la calidad de los procesos productivos de la misma forma la falta de control de fabricación en cada una de los fases ha ocasionado que las carrocerías tenga fallas tales como: piezas mal soldadas, defectos de soldadura, filtraciones de agua, fallas en el sistema eléctrico y neumático, problemas con los sellados y empaques de caucho de las puertas; por lo tanto ocasiona que los clientes pierdan confianza y tiendan a buscar otra empresa que cumpla con sus expectativas, provocando que la empresa de estudio pierda competitividad en el mercado por consiguiente también los clientes.

Por otra parte, la empresa no cuenta con técnicas de control y medición para cada uno de los procesos de producción ocasionando el desconocimiento del nivel de calidad del producto. La aparición de defectos en el producto genera actividades adicionales en las fases de fabricación por tanto ocasionando entregas tardías y el malestar por parte de los clientes al contrario de la competencia que se tiene en la provincia y en el país.

1.3. Delimitación

De contenido

Área académica: Industrial y Manufactura
Línea de investigación: Industrial
Sublínea de investigación: Sistemas de Gestión de la Calidad

Delimitación espacial:
La presente investigación se realiza en la Empresa Metálicas Pillapa ubicada en Pelileo Grande junto al cementerio.

Delimitación temporal:
El proyecto se desarrolla en 6 meses a partir de su aprobación en H. Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4. Justificación

En el entorno actual de los mercados nacionales e internacionales, así como el constante crecimiento de la competitividad, es necesario que los productos tengan un alto grado en el control de la calidad, además del mejoramiento continuo dentro de los procesos y ser cada vez más eficientes.

La **importancia** en desarrollar una evaluación de calidad y mejora de la misma, es proporcionar una documentación adecuada y eficaz a toda la empresa para conocer el grado de calidad que posee el producto, y poder detectar y controlar de mejor manera las fallas en los procesos.

La **factibilidad teórica** de esta investigación se realiza con el propósito de aportar el conocimiento referente a la metodología Seis Sigma, como herramienta para el control de calidad en los procesos de fabricación. Y a partir de los resultados

obtenidos de la investigación se elabora una propuesta para ser incorporado dentro de los procesos, demostrando que el uso de las herramientas mejora el nivel de calidad del producto.

El trabajo a realizarse posee un alto grado de interés, debido a eventos anteriores en fabricación de productos, cumplir con estándares de calidad es un factor decisivo en los productos para ser comercializados dentro del mercado nacional. Por otra parte, las empresas dedicadas a fabricar carrocerías para obtener mayor competitividad en el mercado, estas están obligadas a que sus productos posean un alto grado en el control y mejora continua de calidad, por lo que las empresas buscan asesoramiento de entidades dedicadas a la mejora de la calidad.

El **beneficiario** principal de este estudio es la empresa, empleados de las distintas áreas y los clientes que adquieren los productos ya que al reducir fallas en los procesos de fabricación de la carrocería se obtiene un producto final de calidad, siendo el principal beneficio el crecimiento de la empresa en el mercado.

La investigación que se realiza tendrá un **impacto** positivo en la rentabilidad dentro de la empresa, a través de mejorar el rendimiento de los procesos y aumentar la satisfacción del cliente.

Es **factible** realizar esta investigación en la carrocería Metálicas Pillapa porque se cuenta con el apoyo de toda la empresa, así como son los conocimientos y recursos bibliográficos necesarios, además las instalaciones cuentan con el ambiente óptimo para poder realizar la investigación.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Realizar una propuesta de mejora de calidad en los procesos productivos aplicando la metodología Seis Sigma en la empresa Metálicas Pillapa.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento de procesos de fabricación de carrocerías.
- Evaluar el nivel de fallas en los procesos de la cadena de producción.
- Desarrollar la metodología Seis Sigma (DMAMC) para la mejora de la calidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

La aplicación de Seis Sigma en una microempresa del ramo automotriz realizó una identificación del proceso donde se genera mayor variabilidad, la aplicación de la metodología DMAIC para identificar y disminuir la variabilidad a partir de herramientas estadísticas. Se selecciono el área de pintura para productos plásticos del sector automotriz donde se generaba el 17,5% de producto no conforme. De acuerdo al análisis se programó la producción por 14 días, en el transcurso de la producción el porcentaje de producto no conforme fue del 25%, sin embargo, el límite permitido de productos no conformes era 4,5% de acuerdo al indicador para el proceso por parte del departamento de ingeniería. El objetivo de la metodología DIMAIC fue reducir el nivel actual en 15% en el área de pintura, donde se genera la principal causa del alto costo de no calidad ocasionando serias repercusiones para la empresa [26].

Un estudio de variabilidad de proceso en el área de envasado de un producto en polvo, tuvo como objetivo la optimización de la calidad de producto en polvo depositada en bolsas, en el área de envasado de una de una industria que se dedica al procesamiento de productos en grano y en polvo. Los investigadores aplicaron técnicas de control estadístico de procesos como: cartas de control para la medición de la variación del proceso y análisis de la capacidad de proceso. Además, se utilizó un diseño de experimentos factorial 2^5 para obtener las condiciones óptimas de operación del proceso de envasado. La aplicación de las herramientas estadísticas

permitió cumplir con las especificaciones de las normas de calidad, obteniendo una reducción del 92% en las pérdidas de producto terminado, mientras que los resultados del análisis de capacidad del proceso demostraron un Cp de 0,65 lo cual indica que el proceso aun no es capaz. Basándose en los resultados se concluye que el proceso de envasado aun presenta variabilidad. Por lo tanto, es necesario el control estadístico de procesos y el diseño de experimentos para detectar variaciones, ya que esto aumentará su calidad y reducirá su variabilidad del proceso [17].

La aplicación del Control Estadístico de Procesos (CEP) en el control de calidad, realizó un estudio utilizando el Control Estadístico de Proceso para evaluar la posibilidad de mejora del proceso de obtención de un producto sanitario. El estudio comprendió de dos situaciones: El monitoreo del proceso con los operadores, y con el acompañamiento directo en la línea, en ambos casos se realizó diez muestreos de diez pesos dentro de un período de 8 horas totalizando 100 muestras. De acuerdo al análisis de los índices Cp y Cpk fueron de 0,93 y 0,67 respectivamente, indicando una alta variabilidad y procesos incapaces de cumplir con los requerimientos especificados por la industria ya que el valor Cpk es menor que uno. Para resolver este caso, se ha propuesto identificar las variables a ser analizadas para introducir el control estadístico de proceso Control Estadístico de Proceso, analizar los posibles errores y variaciones indicados por los gráficos de control además de evaluar y comparar los resultados logrados con el estudio de Control Estadístico de Proceso antes y después del monitoreo directo en la línea de producción fueron empleados métodos de muestreo con reposición y de laboratorio para determinar la calidad del producto terminado [27].

Las averías e interrupciones en los procesos de una línea de producción generan variabilidad. El análisis se llevo a cabo utilizando mediante dos técnicas: la simulación, para obtener una idea del comportamiento de la línea y los modelos matemáticos, para estimar las medidas de desempeño de la misma cuando está sometida tanto a interrupciones cortas y frecuentes, como a interrupciones largas y poco frecuentes. De acuerdo al análisis cuando se procesa una pieza en la línea 2 se demora 4,75 horas, pero si es procesada en la línea 1 tarda 27,46 horas, mostrando una diferencia de 478%, siendo una desventaja para la industria tener máquinas con

fallas largas y poco frecuentes que maquinas con fallas cortas y frecuentes. Por lo cual, se manifiesta que la industria debe desarrollar Mantenimiento Preventivo llamado TPM (Mantenimiento Productivo Total), el cual estaba enfocado a buscar cero accidentes, cero defectos y cero averías, logrando evitar que exista variabilidad de los procesos por fallas de equipos y herramientas [28].

La aplicación de la metodología DMAIC para aumento de productividad industrial, mencionan el aumento de la productividad del proceso productivo de emulsionantes de una empresa del sector alimenticio aplicando la metodología DMAIC. La recolección de datos se realizó de forma descriptiva considerando las operaciones realizadas en el sector productivo y el tiempo empleado para la realización de cada tarea durante el año 2013 y 2014, el análisis realizado a partir de software estadístico, donde fueron analizados a través de gráficos para obtener el escenario real de productividad del sector, así como las causas impactantes generadoras de tiempo improductivo el cual fue de 68,2 horas al mes. A partir del análisis de los datos y la aplicación de las etapas estructuradas la metodología DMAIC, se desarrolló el plan de acción para incrementar la productividad disminuyendo el tiempo de procesamiento [29].

Un estudio de caso en una industria automotriz sobre implementación de la metodología Seis Sigma para la mejora de procesos utilizando el ciclo DMAIC, presento un caso de estudio de la aplicación Seis Sigma para mejorar la calidad y reducir los costos en una línea de producción, utilizando herramientas estadísticas de calidad, mediante el análisis se determinó que la célula de soldadura generaba el 80,2% del rechazo mensual, por lo que mediante la implementación de la metodología DMAIC genero una disminución de 67,8% en la célula donde se originaba mayor número de rechazo, con los buenos resultados obtenidos del DMAIC en la célula de soldadura. Por lo cual, se pone en manifiesto a industria a la continuidad en los estudios en las diferentes células profundizando en las causas potenciales donde la variabilidad es alta, por lo tanto, generando un incremento en los productos rechazados [30].

La aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado, realizó una aplicación de la metodología Seis Sigma a través del enfoque DMAIC en una fábrica que elabora y envasa café en Colombia,

donde los costos de no calidad en el proceso de envasado de café se presentaban como excesivos. DMAIC reveló que la mayoría de los costos de no calidad en envasado se encontraban concentrados en dos referencias: envases de 170 gr y 85 gr. Para cada una de ellas se generó un problema enfocada, el cual se abordó de manera independiente a lo largo de toda la metodología. La aplicación de pruebas de hipótesis mostro el peso específico del café y el nivel de vacío del equipo como factores significativos para la reducción de los costos por pérdida de 85,4%. Un Diseño de experimentos fue realizado para identificar los niveles de operación adecuados dando como resultado de $p<0,05$. Su aplicación junto con el desarrollo de otras iniciativas " just in time" proveyeron de una reducción significativa en la pérdida del producto [31].

La aplicación de la metodología DMAIC-SIM a la mejora del tiempo de atención en migración en el aeropuerto de san pedro sula, menciona la metodología seguida para presentar una propuesta que mejore la operación del área de migración del Aeropuerto Ramón Villeda Morales de San Pedro Sula. Esta metodología, denominada DMAIC-Sim incorpora el método de resolución de problemas DMAIC de Seis Sigma junto con la simulación de eventos discretos usando Flexsim de forma sincronizada para analizar diferentes escenarios en cualquier tipo de sistema que requiera mejora. El modelo creado toma en consideración las cantidades y proporciones de pasajeros que viajan hacia San Pedro Sula de acuerdo a las estadísticas que maneja migración en promedio diario durante el año es de aproximadamente 1000 personas. Esta información es introducida al modelo y así se corren diferentes escenarios para obtener la mejor asignación de oficiales que minimice el tiempo de espera de los pasajeros en migración logrando una mejora del 12% del tiempo original. Por lo cual, se propone la creación de un plan de control que mida el estado actual del sistema y sirva de alerta para mantener la calidad [32].

Una compañía pionera en indonesia realizo un análisis de desempeño del proceso y producto utilizando el enfoque metodológico de Seis Sigma a los productos de botella de té. El análisis realizado a partir de una muestra de 3091 botellas tomadas en línea de producción, el análisis estadístico demostró que el 50,9% fueron productos no conformes, para lo cual se presenta una propuesta que mejore los

procesos de la compañía PT XYZ. Al aplicar la metodología DMAIC, se redujo en un 33,7% los productos no conformes, logrando reducir la variabilidad y aumentar el nivel calidad. Se recomienda estandarizar cada parte del proceso, ya que esto aumentara su productividad y reducirá perdidas por costos de no calidad [33].

El diseño de un sistema de monitoreo y control estadístico de calidad de variables criticas asociadas con condiciones de operación de los equipos para el control del subproceso de pulido curvo y bisel relacionado con la producción del vidrio. Se tomaron 40 muestras del producto y se cuantificaron los defectos encontrados en cada muestra causados por las no conformidades identificadas en los subprocesos. Para resolver esta problemática se ha planeado realizar un diseño metodológico ideal para identificar y mitigar en línea potenciales fuentes de desviación de especificaciones de producto, armonizando filosofías de trabajo con normas nacionales e internacionales de gestión, a partir de las herramientas Seis Sigma para el monitoreo de los procesos y el despliegue del proceso de gestión de riesgos contenido en las normas NTC 5254:2007 e ISO 31000:2009. Durante la validación de modelo se pudo identificar métodos de trabajo, actividades, recursos utilizados, posibles falencias y causas de no conformidad en la línea productiva; permitiendo analizar, clasificar, estudiar y proponer las mejoras necesarias para mitigar dichas causas y poder tomar el mejor curso de acción teniendo en cuenta las características de operación de la empresa [34].

2.2. Fundación teórica

2.2.1. Gestión por procesos

La Gestión por Procesos o Business Process Management (BPM) es una forma de organización, diferente de la clásica organización funcional, en la que prima la visión del cliente sobre las actividades de la organización. Los procesos así definidos son gestionados de modo estructurado y sobre su mejora se basa la de la propia organización [35].

Características principales de todo proceso son:

- **Variabilidad del proceso**

Son variaciones inevitables o imperceptibles que se producen cada vez que se repite el proceso, y generan inestabilidad en los resultados del mismo [14].

- **Repetitividad del proceso como clave para su mejora**

Los procesos se crean para producir un resultado, la repetitividad permite trabajar sobre el proceso y mejorarlo [14].

Tipos de procesos productivos

Los procesos se pueden clasificar de la siguiente manera:

Por proyecto. - Su producción es exclusiva e individualizada, lo que conlleva diseñar un proceso productivo específico para cada proyecto [36].

En línea. - Es un proceso productivo altamente mecanizado y automatizado, empleando máquinas muy especializadas que precisan del trabajo de una cantidad elevada de trabajadores. Se fabrica gran cantidad de productos uniformes y similares entre sí, y con un coste relativamente bajo [36].

Por lotes. - Se identifica por producir un volumen pequeño de una gran variedad de productos, los cuales son uniformes entre sí y existe una relación entre las distintas tareas a realizar [36].

Mejora de procesos

La mejora de los procesos consiste en una metodología para analizar las oportunidades de mejora en los procesos de la organización, para a partir del análisis de causas, desarrollar alternativas e implantar soluciones que mejora la competitividad [36]. La mejora de procesos comprende los siguientes pasos:

Hacerlo ocurrir tal y como queremos que ocurra

Para poder mejorar un proceso primero hay que hacerlo ocurrir es decir; se empieza por definir la forma de ejecutar del proceso, las instrucciones sobre cómo debe de ser ejecutadas las actividades del proceso, comprobar que el proceso siga de forma definida las instrucciones y garantizar que la próxima repetición se va desarrollar de acuerdo a ellas [37].

Mejorarlo una vez que lo hemos hecho ocurrir

Cuando el proceso no se adapta a las necesidades del cliente, es necesario aplicar el ciclo de mejora. Estas mejoras se deben reflejar en una mejora de los indicadores

del proceso. Existen un sinfín de técnicas y herramientas para provocar la mejora de los procesos [15].

2.2.2. Tipos de mejora del proceso

Mejoras estructurales

Se consigue mejorar un proceso mediante herramientas y técnicas de tipo creativo o conceptual, así como nuevas herramientas para la gestión de la calidad, encuestas a clientes, la reingeniería, el análisis del valor, el QFD entre otras [14].

Mejoras en el funcionamiento

Las herramientas o técnicas que se emplean son el diseño de experimentos y otras basadas en datos, orientadas a la eliminación de despilfarros, como 5S o 5w+1H [14].

2.2.3. Calidad

Tiene como objetivo la satisfacción de las necesidades del cliente, mediante productos y servicios elaborados con cero defectos, cumpliendo las expectativas de los mismos. Además, la calidad es multidimensional, debido a que las necesidades de los consumidores son múltiples y diversas, ya que incluyen; aspectos, diseño, tamaño entre otros. La calidad, por lo tanto, es considerada como una estrategia administrativa primordial de los negocios, debido principalmente fomenta positivamente el crecimiento del negocio, proporciona una ventaja competitiva, está orientada a la plena satisfacción del cliente planeando de esta manera costos razonables de calidad [38].

La norma ISO 9001; 2015 indica una definición más trascendente de la calidad; Satisfacción del cliente. El concepto de calidad ha cambiado, el objetivo es determinar las expectativas de los clientes, poner objetivos que permitan cumplirlas y establecer los procesos que hagan posible la consecución de los mismos [39].

La búsqueda por hacer las cosas mejor, más rápido y a un menor costo, mediante los tres componentes de una estrategia de calidad: innovación, control y mejora, también ha provocado un cambio continuo en los conceptos y métodos de la calidad [40].

2.2.4. Gestión de la calidad total

Es un sistema de gestión para las organizaciones centrada en el cliente que involucra a todos los empleados en la mejora continua. Utiliza estrategias, datos y comunicaciones efectivas para integrar la disciplina de calidad en la cultura y las actividades de la organización. Muchos de estos conceptos están presentes en los modernos sistemas de gestión de calidad [41].

Características de calidad

Es raro el producto con una sola característica de calidad. La mayoría tienen muchas y hay que distinguir claramente la importancia relativa de las mismas. Se citan los defectos y fallas clasificados de la siguiente forma:

- *Un defecto crítico.* - Aquella característica de calidad que se relaciona con la vida y la seguridad.
- *Un defecto grande.* - Es el que causa que el producto no funcione de acuerdo al propósito para el cuál fue producido.
- *Un defecto menor.* - Es una discrepancia con respecto a los estándares de calidad que no afecta la capacidad de uso del producto, pero que no gusta a los clientes.
- Para productos de alto riesgo para la salud o medio ambiente, la clasificación es muy rigurosa. En términos generales, los defectos no se producirán jamás, mientras que si es aceptable pequeño número de defectos menores [41].

2.2.5. Control estadístico de procesos

Es una herramienta que ayuda en la toma de decisiones y facilita el proceso de mejora constante de una empresa. Además se dice que un proceso está en control estadístico cuando solo trabaja con causas comunes de variación, y su variación a través del tiempo es predecible [14].

Los métodos estadísticos de mayor uso para el control de procesos se tienen:

Hoja de control

También llamada hoja de obtención de datos, es un formato construido para colectar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y que sea fácil analizarlos. La finalidad de la hoja de control es fortalecer el análisis y la medición del

desempeño de los diferentes procesos de la empresa, a fin de contar con información que permita orientar esfuerzos, actuar y decidir objetivamente [14].

Estratificación

Estratificación o clasificación de datos, consiste en analizar problemas, fallas, quejas o datos, clasificándolos o agrupándolos de acuerdo con los factores que se cree pueden influir en la magnitud de los mismos, a fin de localizar las mejores pistas para resolver los problemas de un proceso. Además es una estrategia de búsqueda que facilita entender cómo influyen los diversos factores o variantes que intervienen en una situación problemática, de forma que sea posible localizar diferencias, prioridades y pistas que permitan profundizar en la búsqueda de las verdaderas causas de un problema [42].

Histograma y tabla de frecuencias

Permiten visualizar su tendencia central, la dispersión y la forma de la distribución de un conjunto de datos. El histograma es una representación gráfica, en forma de barras, de la distribución de un conjunto de datos o una variable, donde los datos se clasifican por su magnitud en cierto número de grupos o clases, y cada clase es representada por una barra, cuya longitud es proporcional a la frecuencia de los valores representados [42].

Diagrama de flujo de proceso

Es un esquema gráfico de la secuencia de actividades de un proceso, Cada actividad del proceso se representa por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso ya sea transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de retrabado o reproceso y se encuentran unidos entre sí con flechas indicando la dirección del flujo del proceso.

Diagrama de Pareto

Se reconoce que más del 80% de la problemática en una organización es por el 20% de las causas comunes, es decir, se debe a problemas o situaciones que actúan de manera permanente sobre los procesos. El diagrama de Pareto consiste en un gráfico de barras que clasifica de izquierda a derecha en orden descendente las causas o factores detectados en torno a un fenómeno [43].

El diagrama de Pareto permite asignar un orden de prioridades y mostrándolo gráficamente colocándolos los "pocos que son vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha facilitando el estudio de las fallas en las empresas manufactureras o de servicio.

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa también conocido como diagrama de espina de pescado es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. Donde el problema representa la "cabeza del pescado", de la que emerge una espina central de donde se derivan las causas mayores o espinas grandes [13].

Existen tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa, los cuales dependen de cómo se buscan y se organizan las causas en la gráfica:

- Método de las 6 M
- Método tipo flujo del proceso

Cartas de control

Es un método gráfico que permite evaluar si un proceso se encuentra o no en un estado de control estadístico, es decir cuando sólo actúan causas comunes o aleatorias, inherentes a cualquier proceso [44].

De ese modo las cartas de control permiten identificar permanentemente las posibles causas de variación de las características esperadas de los procesos mediante un control estadístico. Es así que, cuando un proceso está fuera de control (limites) se debe a causas especiales o no esperadas, ya que las causas comunes o esperadas están contempladas en el desempeño del proceso.

Los límites de control, inferior y superior, definen el inicio y final del rango de la variación, de forma que cuando el proceso está en control estadístico existe una alta probabilidad de que prácticamente todos los valores caigan dentro de los límites. En la Figura 1 se muestra las partes que tiene una gráfica de control.

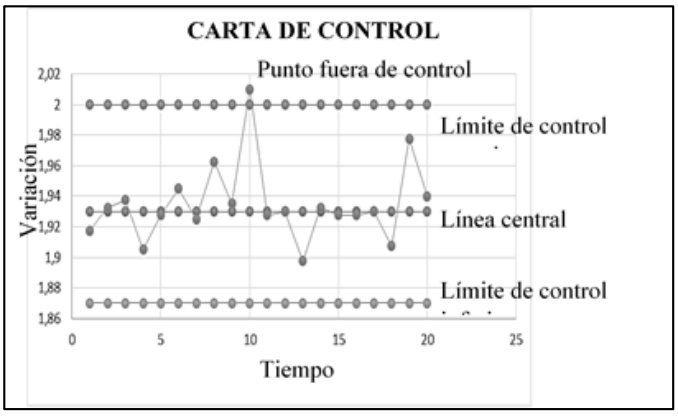


Fig. 1. Elementos de una carta de control.

Tipos de cartas de control

Las características de calidad sobre las cuales se constituyen las cartas de control generalmente caen en dos categorías:

Cartas de control para variables

Se aplican a características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición (peso, volumen, voltaje, longitud, resistencia, temperatura, humedad, etc.).

Las cartas para variables más usuales son [44]:

- **Carta X-S:** Diagrama para variables que se aplican a procesos masivos, en los que se quiere tener una mayor potencia para detectar pequeños cambios. Por lo general, el tamaño de los subgrupos es n > 10.
- **De medias $\bar{X}$:** Analiza las medias de subgrupos como una forma de detectar cambios en el promedio del proceso, es aplicada en procesos masivos (de mediano a alto volumen), donde en un corto tiempo se producen varios artículos o mediciones.
- **Rangos (R):** Analiza los rangos de los subgrupos como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso.
- **Desviación estándar (S):** Analiza la desviación estándar que se calcula a cada subgrupo, como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso.
- **Individuales (X):** Analiza cada medición individual del proceso y detecta cambios grandes tanto en la media como en la amplitud de la dispersión. Usado

en procesos de bajo volumen, donde se requiere un tiempo considerable para obtener un resultado o medición.

- **Cartas de control X–R:** Diagramas para variables que se aplican a procesos masivos, en donde en forma periódica se obtiene un subgrupo de productos, se miden y se calcula la media y el rango R para registrarlos en la carta correspondiente.

Cartas de control para atributos

Se aplican al monitoreo de características de calidad del tipo "pasa, o no pasa", o donde se cuenta el número de no conformidades que tienen los productos analizados.

Las cartas para atributos más usuales son:

Proporción de defectuosos (p): Analizar la proporción de artículos defectuosos por subgrupo (unidades rechazadas/ unidades inspeccionadas). Se supone una distribución binomial. Utilizada para reportar resultados en puntos de inspección, donde una o más características de calidad son evaluadas, y en función de esto el artículo es aceptado o rechazado [44].

Número de defectuosos (np): Monitorea el número de unidades defectuosas por subgrupo (número de artículos rechazados por cada muestra inspeccionada), y es una distribución binomial. Aplica en la misma situación que la carta p, pero con el tamaño de subgrupo constante [44].

Número de defectos por subgrupo (c): Analiza el número de defectos por subgrupo o unidad, ésta puede ser un artículo o un lote, una medida de longitud o de tiempo, una medida de área o volumen, y es una distribución de Poisson. Su uso es en los puntos de inspección, donde se busca localizar uno o más tipos de defectos relativamente menores, de tal forma que aunque se encuentren defectos, así como también es utilizada para variables como número de quejas, de errores, de paros, de clientes, entre otras cosas [44].

Número promedio de defectos por unidad (u): Monitorea el número promedio de defectos por artículo o unidad inspeccionada, en muestras o subgrupos que pueden

tener un tamaño variable [44].

2.2.6. Seis Sigma

Seis Sigma se desarrolló en la década de los 80's en los Estados Unidos de América, desde entonces en la literatura se encuentran diversos casos de aplicación exitosa. El éxito de seis sigma reside en el impacto positivo que tiene en la rentabilidad de las organizaciones, a través de mejorar el rendimiento de los proceso y aumentar la satisfacción del cliente [45].

Seis Sigma (6σ) es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio.

La estrategia 6σ se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico, usando una metodología de mejora continua (DMAIC) o un enfoque de diseño/rediseño, también conocido como diseño para Seis Sigma (DFSS) [45].

El propósito de Seis Sigma es reducir la variación para conseguir desviaciones estándar muy pequeñas, de manera que prácticamente la totalidad de sus productos o servicios cumplan, o excedan, las expectativas de los clientes; es llevar los procesos a un rendimiento eficiente en un 99.99966% con solo 3.4 posibles defectos entre mil posibilidades.

Defectos esperados en un millón de oportunidades de error

Para medir la eficiencia y el nivel sigma al que se encuentra los procesos se va utilizar una de las métricas Seis Sigma, en este caso se utiliza como métrica a los defectos esperados en un millón de oportunidades de error (DPMO) de un producto. Este indicador a su vez se compara con la escala valorativa del Seis Sigma para establecer el nivel de eficiencia de un proceso [45].

La fórmula empleada para el cálculo del PDMO es la siguiente:

$$\mathrm{DPMO} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{UxO}} \mathrm{x}1'000000 \qquad (1)$$

donde U es el número de unidades (muestra) y d son los defectos (por unidad), y O es el número de oportunidades de error por unidad.

A continuación, en la Tabla 1 se muestra el valor de Sigma correspondiente al DPMO.

Tabla 1. Niveles de calidad Sigma [7]

Nivel sigma	DPMO	Rendimiento (Y_{FT})
6	3,4	99,9997%
5	233	99,98%
4	6210	99,3%
3	66807	93,3%
2	308537	69,15%
1	690000	30,85%
0	933200	6,68%

Determinación de capacidad del proceso

La capacidad de proceso consiste en saber la amplitud d la variación natural del proceso y se calcula para confirmar que existe un problema dentro del proceso y que está causando insatisfacción a los clientes. Se busca establecer la capacidad de proceso inicial con el propósito de mantener o cambiar los objetivos del proyecto de acuerdo a los resultados obtenidos [44].

Para la estimación puntual del índice Cp o capacidad de producción, la cual está dada por la siguiente expresión:

$$\mathrm{Cp} = \frac{\mathrm{ES}-\mathrm{EI}}{6\sigma} \tag{2}$$

Donde, Cp es el índice de capacidad del proceso, ES y EI son los límites de especificación superior e inferior y σ es la desviación estándar del proceso.

En la Tabla 2 se presentan cinco categorías de procesos según el valor del índice Cp obtenido.

Tabla 2. Valores Cp y su interpretación [28]

VALORES DEL ÍNDICE Cp		
Valor del índice Cp	**Clase o categoría del proceso**	**Decisión (si el proceso está centrado)**
Cp ≥ 2	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
Cp > 1.33	1	Adecuado.
1 < Cp < 1.33	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto
0.67 < Cp < 1	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
Cp < 0.67	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias

Índice Cpk

El índice Cpk se conoce como índice de capacidad real del proceso, es considerado una versión mejorada del Cp que sí toma en cuenta el centrado del proceso. Para calcularlo el índice Cpk se define de la siguiente forma:

$$\text{Cpk} = \text{mínimo}\left[\frac{\mu - \text{EI}}{3\sigma}, \frac{\text{ES} - \mu}{3\sigma}\right] \quad (3)$$

Donde μ representa la media del proceso, mientras que EI y ES son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad.
Si el índice Cpk>1,25, se dice que el proceso es capaz y si Cpk<1, entonces el proceso no cumple con las especificaciones y se debe tomar medidas para corregirlo el problema de descentrado y alcanzar la capacidad potencial indicada por el índice Cp.

Para el cálculo de los índice Cp y Cpk, se requiere de la variación del proceso o la desviación estándar σ, y se calcula mediante la siguiente expresión.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\text{Xi} - \bar{\text{X}})^2}{\text{n}}} \quad (4)$$

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que Xi y $\bar{X}$ son los valores individuales y media del proceso y n corresponde al número de datos tomados del proceso [46].

2.2.7. Metodología Seis Sigma DMAIC

La técnica Seis Sigma para mejorar procesos, se desarrolla en cinco fases de forma cíclica, DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Éstas se centran en reducir la variación más que en probar o controlar los productos/servicios ya terminados [47].

2.2.8. Definir el proyecto (D)

Definir es la primera etapa del modelo DMAIC. La etapa de definición se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito.

Desde el punto de partida del cliente, se centra en cuáles van a ser los objetivos de la implementación de Seis Sigma, cuál va ser el impacto en la empresa y quienes van a ser los responsables. Se establecerá cual es el propósito de la implementación, cuáles son los parámetros de inicio y hasta qué nivel se quiere involucrar al equipo [47].

Identificar cuáles son las características críticas para la calidad (CTQ), tanto externas como internas. Siendo las primeras las que se rigen por exigencias de los clientes y las segundas las que dan rentabilidad a la compañía. Al fin y al cabo, centrarse en los procesos que mayor importancia puedan tener.

Al finalizar esta fase se debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en éste [22]. A continuación, se ilustra los pasos a tomar en cuenta para la fase definición.

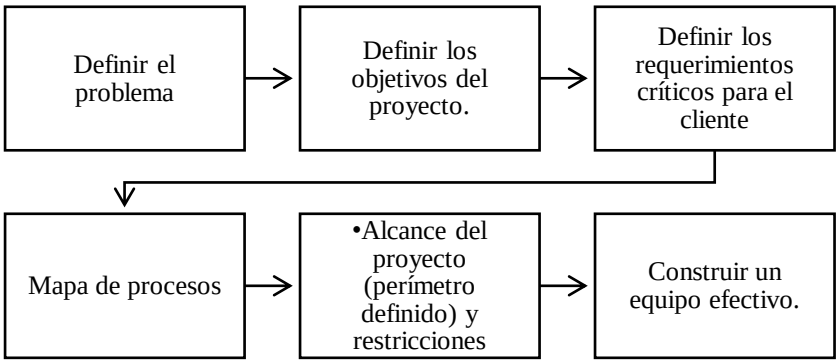


Fig. 2. Pasos de la fase de definición como parte de la herramienta DMAIC [25]

2.2.9. Medir la situación actual (M)

La fase de medición consiste en localizar el origen de la variación que se está produciendo en el proceso. Es decir, se trata de acotar las causas que están produciendo los problemas y encontrar la raíz de dichos problemas. Se analiza su dimensión a través de las mediciones del proceso y que datos nos permitirán su resolución [22].

En este sentido se convierte en un factor clave la recogida de datos. Esta etapa es la que más recursos suele consumir, puesto que de ello depende en gran medida el éxito de las fases posteriores. Al fin y al cabo, se trata de comprender que factores de los que intervienen en el proceso producen variaciones o defectos y porque, volviendo otra vez a buscar la causa raíz [49].

Los pasos a tomar en cuenta para la fase medir se indica a continuación.

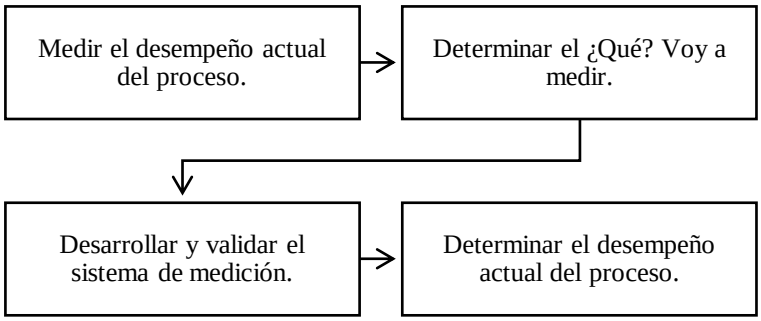


Fig. 3. Pasos de la fase de medir como parte de la herramienta DMAIC [25]

2.2.10. Analizar las causas raíz (A)

Se trata de "Analizar el sistema con el fin de eliminar la brecha entre el desempeño actual y el objetivo deseado" [22].

La meta de esta fase es identificar la causa raíz del problema, entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Entonces, se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmarlas con datos.

Las herramientas de utilidad en esta fase son muy variadas: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, estratificación, cartas de control, mapeo de procesos, los cinco por qué, diagrama de dispersión, entre otras. A continuación, se indica los

pasos a tener en cuenta dentro de la fase analizar.

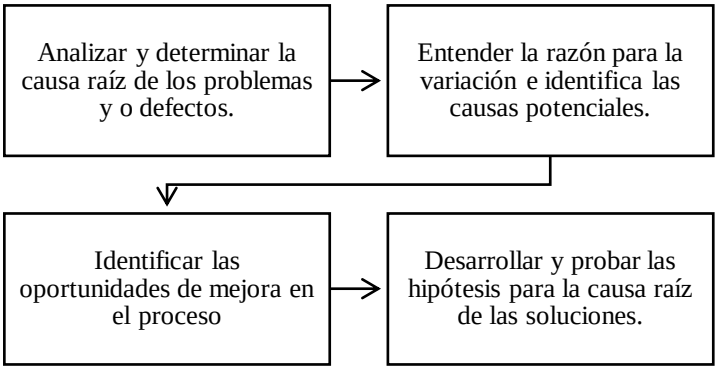


Fig. 4. Pasos de la fase de analizar como parte de la herramienta DMAIC [25]

2.2.11. Mejorar (I)

Esta fase consiste en aplicar los cambios o las mejoras que se han propuesto en las hipótesis de la fase Analizar. El equipo deberá tomar conciencia de que cambios son viables y como realizarlos, asumiendo las decisiones correspondientes.

Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas, apoyándose en algunas de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos, poka-yoke, etc. Logrando encontrar soluciones que ataquen la fuente del problema (causas) y no el efecto [22]. Los pasos a tomar en cuenta para la fase mejorar se indica a continuación.

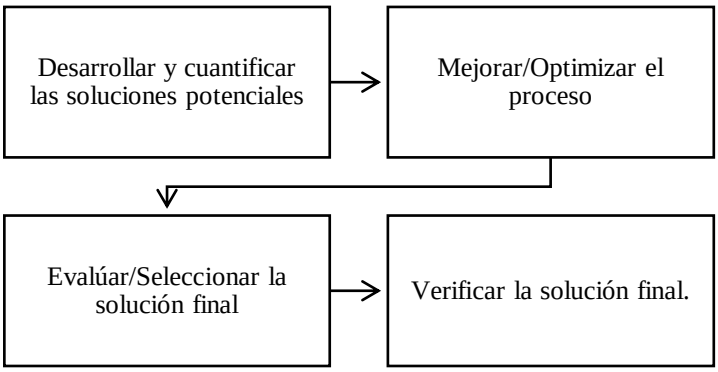


Fig. 5. Pasos de la fase de mejora como parte de la herramienta DMAIC [25]

2.2.12. Controlar para mantener la mejora (C)

La etapa de control se enfoca en cómo conservar las mejoras, las mismas que pueden incluir el establecimiento de nuevas normas y procedimientos, la capacitación del

personal y la institución de controles para tener la seguridad de que las mismas no desaparecerán con el tiempo [47].

En este sentido es necesario establecer un sistema de control para:

- Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir (mantener las ganancias).
- Impedir que las mejoras y conocimiento obtenido se olviden.
- Mantener el desempeño del proceso.
- Alentar la mejora continua.

A continuación, se indica los pasos a tener en cuenta dentro de la fase controlar.

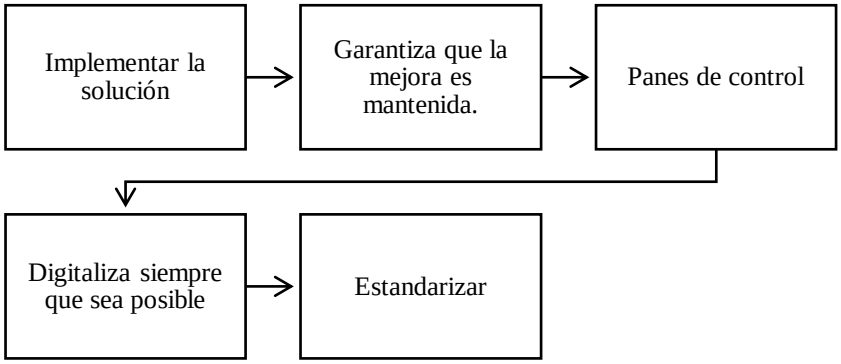


Fig. 6. Pasos de la fase de controlar como parte de la herramienta DMAIC [25]

2.2.13. Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF)

La metodología del análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF) permite identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso y, a partir de un análisis de su frecuencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para las fallas que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso será necesario generar acciones para atenderlas [48].

Calculo del NPR (Numero de prioridad de riesgo)

El número de prioridad de riesgo nos indica la dirección y nos permite priorizar los esfuerzos sobre aquello que nos facilita conseguir mayores mejoras cuya formula está dada por:

$$\mathbf{NPR} = SEV \times OCU \times DET \quad (5)$$

Donde SEV es en índice de severidad o gravedad, OCU es el índice de ocurrencia y DET el índice de detección y poseen una escala de valoración del 1 al 10. En la Tabla 3, se indica las acciones a tomar de acuerdo al número NPR.

Tabla 3. Resultados de NPR [48]

PRIORIDAD DEL NPR	NIVEL DE RIESGO
De 1 a 124	Ninguna acción requerida
De 125 a 499	Acción requerida
Por encima 500 hasta 1000	Implementación de acción inmediata

En la Figura 7, se describe los pasos que constituyen el esquema general de actividades para realizar un AMEF.

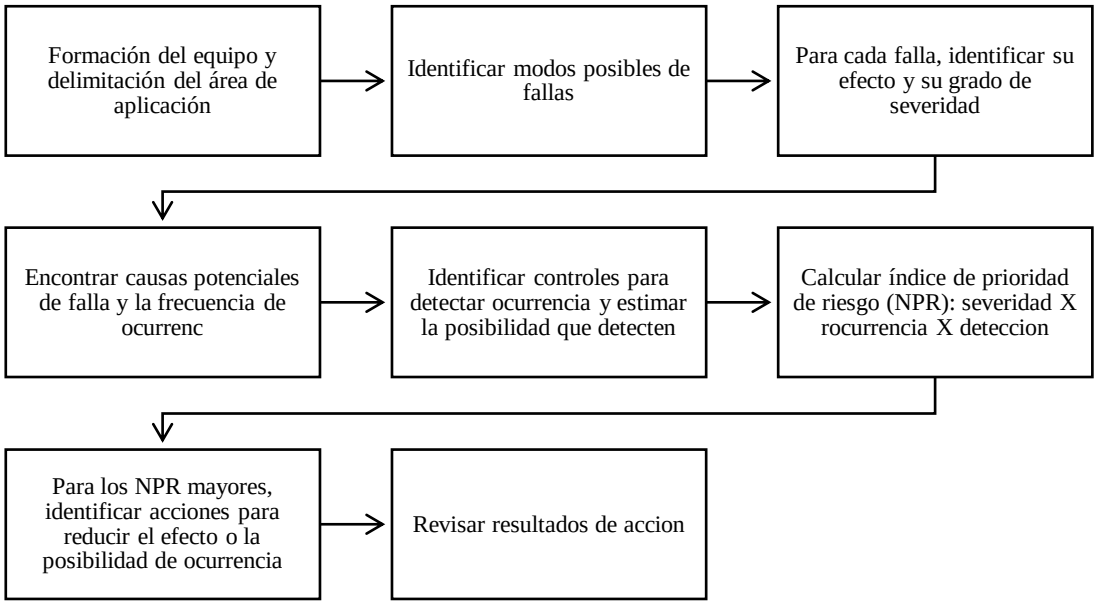


Fig. 7. Esquema general de actividades para realizar un AMEF [7]

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Documentar el proceso

2.2.14. Propuesta de solución

Mediante la investigación que se plantea se pretende eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran fallas potenciales en el producto a través de una metodología empleada para elevar el nivel de calidad.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad de investigación

Modalidad aplicada

Se aplica esta modalidad la misma que se desarrolla en base a la investigación de campo debido a que la recolección de la información que se realiza dentro de las instalaciones de la empresa Metálica PILLAPA, permitiendo la comprensión del estado actual de los procesos productivos y adquiriendo valiosa información que sirve de base para el desarrollo del problema de la presente investigación.

Modalidad bibliográfica-documental

En la presente investigación se utiliza la modalidad bibliográfica-documental para indagar y recolectar información útil en sitios web, libros o artículos todo lo referente a la Metodología Seis Sigma.

3.2. Población y muestra

El proyecto de investigación manipula una muestra de 12 carrocerías terminadas en el transcurso de 4 meses ya que se considera que es el tiempo que se utiliza para indagar las diferentes fallas que pueden aparecer en el producto; así como clientes internos: personal administrativo (2) y de producción (37), y clientes externos finales (12).

3.3. Recolección de información

La recolección de la información se obtuvo a partir de la observación, entrevistas, encuestas y fichas de observación. Los formatos empleados se pueden observar en los anexos 2, 3, 4,5 y 7.

La observación se realizó en los diferentes procesos de la línea de fabricación de carrocerías en la empresa Metálicas Pillapa, para identificar las causas que ocasionan la aparición de defectos, realizando inspecciones dos veces por semana.

La entrevista cuenta con una serie de preguntas abiertas y se las realiza a los encargados de producción, así como al gerente de la empresa.

3.3.1. Procedimiento para la codificación de documentos

Para un correcto manejo de la información que se obtenga, es necesario el desarrollo de formatos para el mejor control de la información documentada, por consiguiente, se obtiene el siguiente formato de la Tabla 4:

Encabezado

Tabla 4. Procedimiento para la codificación de documentos

METALICAS PILLAPA	**CONTROL DE CALIDAD**	
	PROCEDIMIENTO PARA LA CODIFICACIÓN DE DOCUMENTOS	**Código:** PCD-MP-00
		Versión: 00
		Fecha: Oct. 28 de 2018
		Páginas: 1 de 1

a) Finalidad

La codificación y la designación de la documentación tienen como propósito el correcto manejo de los mismos dentro de la empresa.

b) Objetivo

Describir la designación de los diferentes documentos para la evaluación del nivel de calidad de las áreas de producción de la empresa Metálicas Pillapa.

c) Alcance

Este procedimiento es aplicable a toda la información documentada a utilizar en la evaluación del nivel calidad sigma de las áreas de producción de la empresa Metálicas Pillapa.

d) Responsable

Investigador: Es el encargado de seleccionar los métodos de codificación y designación del documento a emplearse.

Revisor: Es el encargado de hacer cumplir la designación del documento establecido para el control de la información.

e) Abreviaturas y definiciones

Código: Formado por grupos de letras, números y símbolos y que al juntarse generan un lenguaje que permite identificar un producto, documento u otros.

Documentos: En una explicación o recopilación de información ya se digital o física.

Formato: Documento diseñado para la recolección de información que poseen valor.

Versión: Indica el número de modificaciones efectuadas sobre un documento específico.

Procedimiento: Forma específica para llevar a cabo una actividad o un proceso.

f) Codificación y designación de los documentos

RAC-MP-00:

Registro de **A**sistencia a **C**apacitación- **M**etálicas **P**illapa-Primera edición (**00**)

La primera letra **M**, **P**, **R** o **I**, identifica el manual, procedimiento, registro o instructivo de trabajo realizado, seguido de letras que específica al área a la que corresponde, las dos letras siguientes pertenece a las iniciales de la empresa y finalmente los dos números hace referencia a la versión del documento. A continuación, se presenta la documentación para el desarrollo del programa Seis Sigma para las áreas de armado de estructura y forrado exterior de la empresa Metálicas Pillapa

Tabla 5. Código de la información documentada

N°	Código del documento	Nombre del documento
1	**PENCP-MP-00**	Procedimiento para la evaluación del nivel de calidad de los procesos
2	**PAMDMAIC-MP-00**	Procedimiento para la aplicación de la metodología DMAIC
3	**FLP-MP-00**	Ficha de levantamiento de procesos
4	**FIC-MP-00**	Ficha de inspección de calidad
5	**FRI-MP-00**	Ficha de registro de inspecciones

g) Referencia

Normas ISO 9001:2015

Universidad del Pacifico: Guía para la elaboración y codificación de documentos

Elaborado por: Oscar Pilla **Cargo:** Investigador	**Revisado por:** Ing. Ana Pilco **Cargo:** Tutor	**Aprobado por:** Tnlg. Leonardo Pillapa **Cargo:** Tutor empresarial

3.3.2. Procedimiento para la evaluación del nivel de calidad de los procesos

Tabla 6. Procedimiento para la evaluación del nivel de calidad de los procesos

METALICAS PILLAPA	**CONTROL DE CALIDAD**	
	PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CALIDAD DE LOS PROCESOS	**Código:** PENCP-MP-00
		Versión: 00
		Fecha: Oct. 28 de 2018
		Páginas: 1 de 1

a) Finalidad

La evaluación del nivel de calidad de los procesos tiene como propósito definir métodos y lineamientos para reducir o eliminar las causas que producen productos no conforme en la empresa.

b) Objetivo

Establecer la metodología de evaluación de nivel de calidad de los procesos de fabricación de carrocerías en la empresa Metálicas Pillapa.

c) Alcance

Este procedimiento es aplicable a todas las áreas de los procesos productivos de la empresa Metálicas Pillapa, las mismas que presentan no conformidad en sus productos.

d) Periodicidad

El programa Seis Sigma es una metodología de mejora continua, los método y herramientas de calidad deben de revisarse y actualizarse según los resultados obtenidos entre puntos de comparación (valores iniciales del programa-valores finales del programa) del nivel de calidad.

e) Responsable

Investigador: Es el encargado de escoger el método y procedimiento adecuado para realizar la evaluación, además selecciona los materiales para realizar las respectivas observaciones y mediciones a lo largo de la línea de producción de la empresa Metálicas Pillapa.

Revisor: Es el encargado de aprobar formatos, procesos, registros y medidas planteadas por el investigador referentes al nivel de calidad sigma, con el fin que cubran los requerimientos de los clientes

f) Abreviaturas y definiciones

Nivel de calidad sigma: Es el número de desviaciones típicas que el proceso puede aceptar para que un producto sea conforme. Cuanto más grande sea, menos productos no conformes tendrá el proceso, y por lo tanto tendrás menos costes de no calidad.

Proceso: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

Defectuoso: Es un producto que no reúne ciertos atributos, por lo que no se permite que pase a la siguiente etapa del proceso; puede ser reprocesado o de plano desechado.

Número de oportunidades: Es la cantidad de defectos posible dentro de una misma pieza o unidad.

DPMO: Defectos por millón de oportunidades

DPU: Defectos por unidad

g) Metodología

Las fases para una correcta evaluación del nivel de calidad sigma de los procesos se muestran la Figura 8:

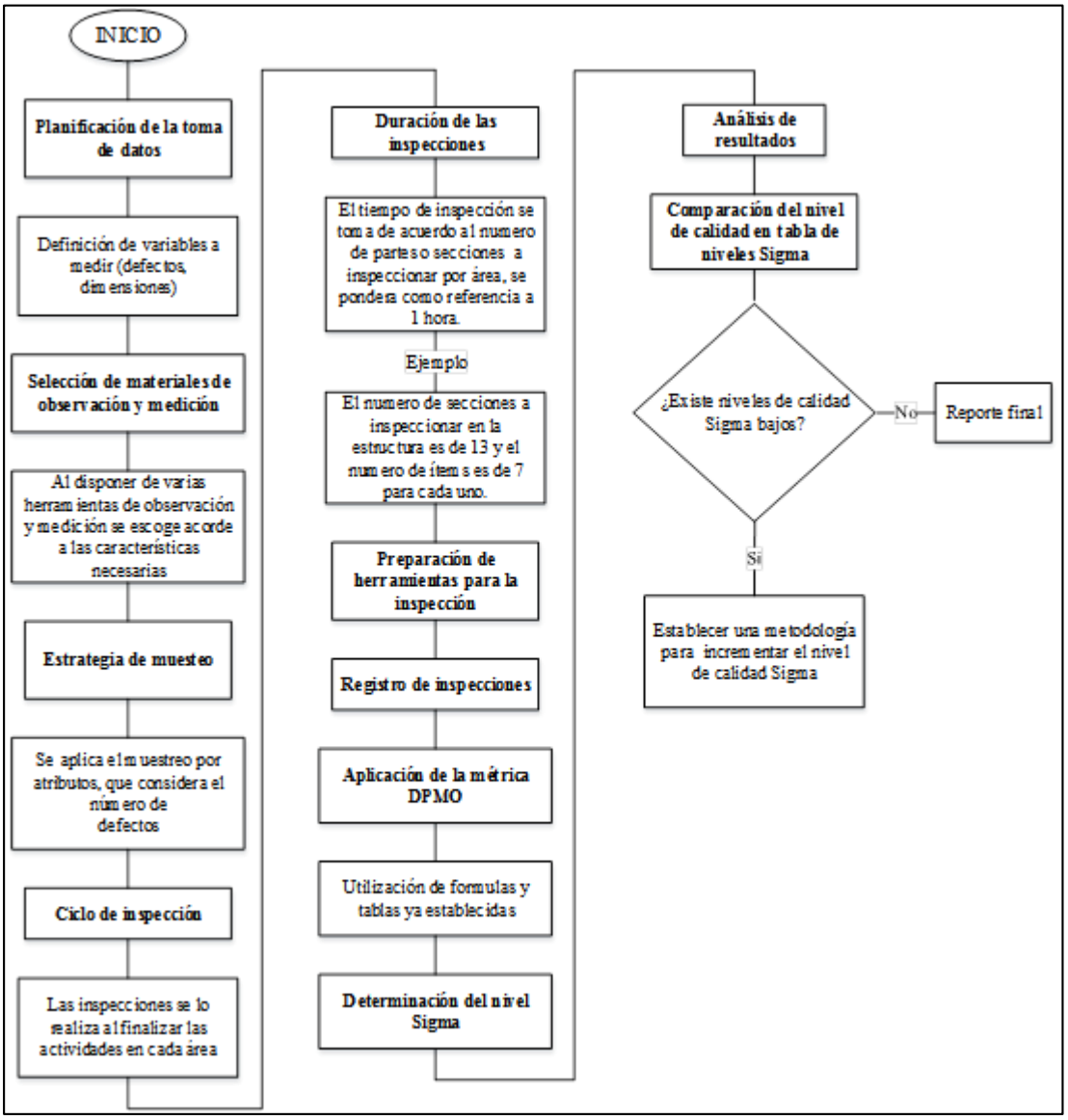


Fig. 8. Metodología para evaluación del nivel de calidad sigma

h) Protocolo de medición de nivel de calidad

- Selección de estrategia de muestreo

Solamente es necesario aplicar un muestreo para la medición del nivel de la calidad, la población está conformada por las armado de estructura, forrado exterior, pintura y acabados según el proceso del que se trate, por consiguiente la cantidad va a ser diferente, pero es necesario aplicar un muestreo que sea representativo, pero a la vez que sea aplicable. El estudio se establecerá en forma cuatrimestral, por lo que sobre esa base se va a realizar el muestreo conforme se indica en la Tabla 7 que se presenta a continuación:

Tabla 7. Detalle de la población a ser considerada para la recolección de los datos del nivel de calidad

CTRÍTICOS DE CALIDAD CTQ'S	CARACTERISTICAS A MEDIR	POBLACIÓN			MUETRA EN LOTES Y UNIDADES
		DETALLE	CANTIDAD MEDIDA EN UNIDADES	CANTIDAD MEDIDA EN LOTES DE 12	
Niveles de calidad	DPMO, Sigma s y NPR	Unidades de producción: armado de estructura forrado exterior pintura acabados	Armado de estructura: 65 Forrado exterior:144 Pintura:153 Acabados:553	48	12

La producción cuatrimestral de carrocerías se observa en el anexo 20, el tamaño muestral compuestos por doce carrocerías en cada caso tomando en consideración la sugerencia de la norma NTE INEN-ISO 2859-1:2009 [50], se realiza mediante un muestreo aleatorio sistematico.

- **Selección de la métrica de medición**

La métrica de medición a utilizar es el DPMO que sirve para comparar con la escala Seis Sigma y establecer el nivel de eficiencia de un proceso, lo que es factible para el estudio, en el anexo 18 se muestra los niveles sigma según el DPMO obtenido.

- **Obtención de la métrica DPMO**

La métrica DPMO requiere de tres valores: número de unidades de la muestra U, número de defectos observados d, y el número de oportunidades de error por unidad O, los valores son obtenidos de las inspecciones realizadas a la muestra.

$$\mathrm{DPMO} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{UxO}} \mathrm{x}1'000000 \tag{1}$$

A partir del valor de la métrica DPMO y la tabla del anexo 18 se halla el valor sigma correspondiente al DPMO. Igualmente, para el cálculo del porcentaje de rendimiento del proceso (Y_{ield}) se la obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\mathrm{Y_{ield}} = \left(1 - \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{UxO}}\right) * 100 \tag{1.1}$$

- **Número de inspecciones**

Se realiza inspecciones en las 4 áreas de producción, se debe realizar 4 inspecciones por cada carrocería, lo que indica que para cada carrocería se realiza 4 inspecciones siendo un total de 48 inspecciones.

- **Duración de la inspección**

Para cada inspección se toma en cuenta el número de partes e ítems de cada proceso, lo que es factible realizar una relación a cuarenta y cinco minutos que el inspector se mantiene en el área designada para la revisión, ya que genera la confiabilidad adecuada.

Existen procesos que poseen mayor número de partes e ítems a ser inspeccionadas, por lo que, generan los siguientes tiempos de revisión, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Tiempos de inspección por áreas de producción

N°	Ciclo de inspección	Área de trabajo	Parámetro	Tiempo de revisión
1	Una vez finalizado el proceso	Armado de estructura	Defectos	30 minutos
2	Una vez finalizado el proceso	Forrado exterior	Defectos	45 minutos
3	Una vez finalizado el proceso	Pintura	Defectos	30 minutos
4	Una vez finalizado el proceso	Acabados	Defectos	1 hora

*Los tiempos son establecidos por parte de la administración junto con el jefe de producción, e base a inspecciones realizadas previamente.

- **Consideraciones de inspección**

Para realizar las inspecciones se comprueba que el proceso haya finalizado completamente, y poseer la ficha de inspección de calidad adecuada.

- **Formato para el registro de inspecciones**

El formato para registrar las inspecciones de fallas en las áreas de producción se indica en el anexo 9.

- **Recomendaciones**

- Verificar las fichas de inspección antes de comenzar cualquier inspección.
- Las inspecciones se realizar una vez finalizado el proceso

- Durante la inspección el responsable no debe pasar ningún defecto por alto.
- Las inspecciones se deben realizar en el área donde se encuentra situado la unidad.

- **Referencias normativas**

- **UNE-ISO 2859-5**: Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos.

Elaborado por: Oscar Pilla **Cargo:** Investigador	**Revisado por:** Ing. Ana Pilco **Cargo:** Tutor	**Aprobado por:** Tnlg. Leonardo Pillapa **Cargo:** Tutor empresarial

3.3.3. Procedimiento para la aplicación de la metodología Seis Sigma DMAIC

Tabla 9. Procedimiento para la aplicación de la metodología Seis Sigma DMAIC

	CONTROL DE CALIDAD	
METÁLICAS PILLAPA	**PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA DMAIC**	**Código:** PAMSSDMAIC-MP-01
		Versión: 00
		Fecha: Oct. 28 de 2018
		Páginas: 1 de 1

a) Finalidad

La aplicación de la metodología Seis Sigma en los procesos de armado de estructura y forrado exterior de la empresa Metálicas Pillapa, tiene como propósito reducir productos no conforme.

b) Objetivo

Establecer la metodología de aplicación del programa Seis Sigma en los procesos de fabricación de carrocerías en la empresa Metálicas Pillapa.

c) Alcance

Este procedimiento es aplicable a todos los procesos de la empresa Metálicas Pillapa, las mismas que presentan productos no conforme.

d) Periodicidad

Según el programa Seis Sigma, una vez ejecutado las cinco etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, dentro de los procesos, se evalúa el control estadístico de proceso dentro de un periodo de tiempo establecido por la dirección no menor a seis

meses, si en el periodo de control la variabilidad disminuye y los procesos se encuentran bajo control es recomendable continuar con el programa caso contrario se requiere de una nueva evaluación aplicando nuevas herramientas de calidad, lo que lleva al inicio de un nuevo ciclo.

e) Responsable

Investigador: Es el encargado de escoger el método y procedimiento adecuado para aplicar de la metodología Seis Sigma-DMAIC, además de selecciona las herramientas de calidad.

Revisor: Es el encargado de aprobar formatos, procesos, registros y medidas planteadas por el investigador referentes a la metodología Seis Sigma, con el fin que cubran los requerimientos de la empresa.

f) Abreviaturas y definiciones

Seis Sigma: Metodología bien estructurada de mejora continua que enfrenta la variabilidad del proceso controlando fallas en los mismos con la aplicación de herramientas y técnicas estadísticas de manera rigurosa.

Cliente: Organización o persona que recibe un producto.
Voz del cliente: Se emplea para describir las necesidades, expectativas, y/o percepciones del cliente en relación a los productos o servicios provistos por la empresa.

Árbol crítico para la calidad: Parámetros clave de los requerimientos de calidad formulados por el cliente.

Mapa de proceso SIPOC: Es un diagrama de flujo a alto nivel y, a su vez, es el primer paso para la realización de un diagrama de flujo detallado.

Diagrama de Kano: Es una herramienta para determinar el grado de cumplimiento de un producto a partir de los requisitos del cliente obtenidos en del método de la voz del cliente.

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar Y Controlar.
SIPOC: Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes.
CTQ: Críticos para la Calidad.

VOC: Voz del Cliente.

AMEF: Análisis de Modo y Efecto de Falla.

NPR: Nivel de Prioridad de Riesgo.

g) Metodología

Las fases para una correcta aplicación de la metodología Seis Sigma DMAIC, se muestran en la Figura 9.

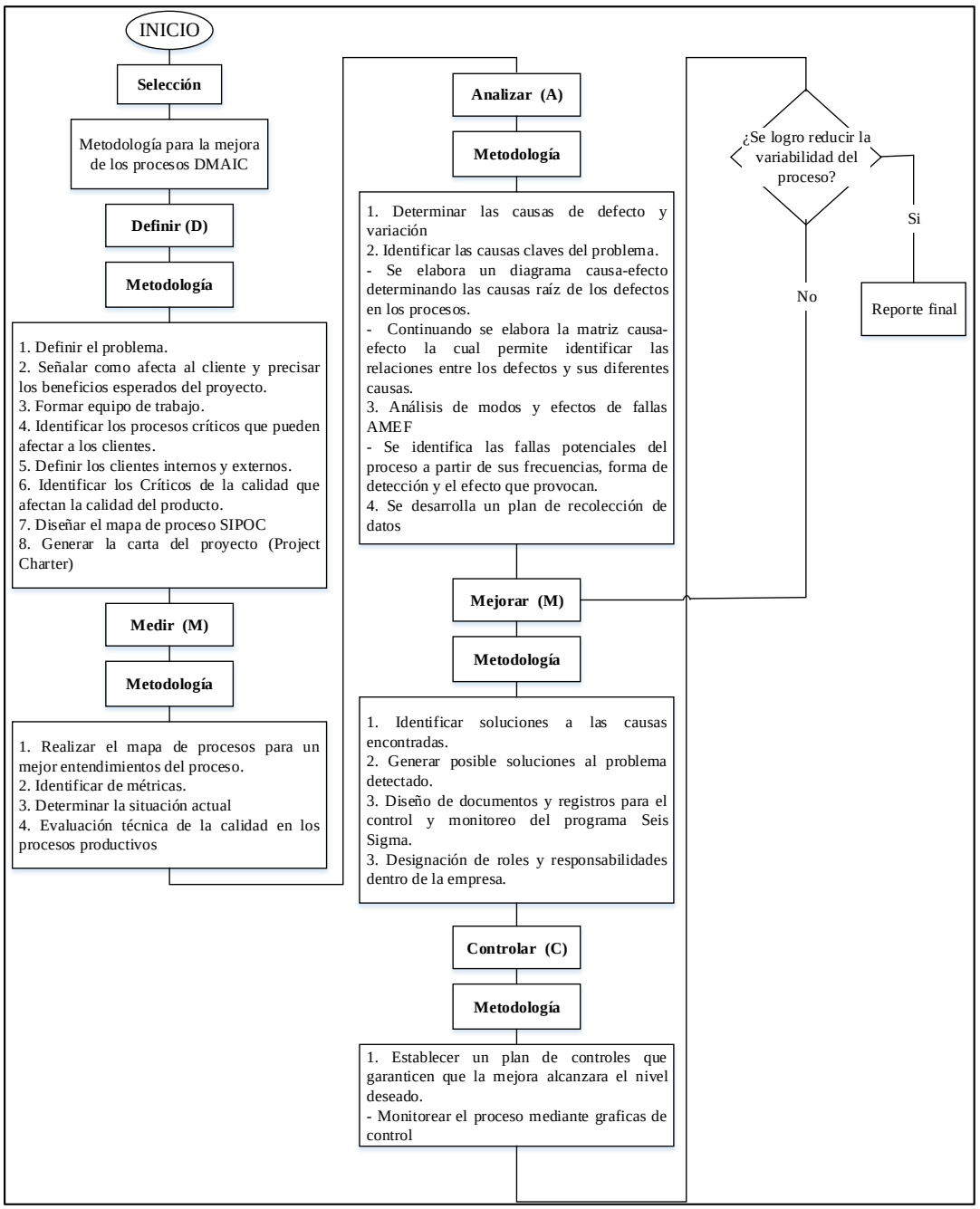


Fig. 9. Metodología para la aplicación de la metodología Seis Sigma DMAIC

h) Protocolo de desarrollo del programa Seis Sigma

- **Selección de herramientas de calidad.**

En la Tabla 10, se presentan las herramientas de calidad aplicadas en cada una de las etapas del DMAIC para el presente estudio.

Tabla 10. Etapas y herramientas de Seis Sigma

Etapa Seis Sigma	Herramientas
Definir	• Diagrama de Pareto • Lluvia de ideas • Diagrama de causa-efecto de Ishikawa • La voz del cliente (VOC) • Diagrama de Kano • Matriz críticos para el cliente • Mapa de proceso SIPOC
Medir	• Diagrama de Pareto • Diagrama de causa-efecto de Ishikawa • Matriz causa-efecto • Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)
Analiza	• Gráficas de multivarianzas • Métrica de desempeño proceso
Mejora	• Técnicas analíticas • Planes de documentación y registro
Controlar	• Planes de control • Graficas de control

- **Utilización de las herramientas de calidad**

Las herramientas para la mejora de la calidad están diseñadas para que la organización esté en condiciones de realizar la planificación, el control, el aseguramiento y la mejora de la calidad, en el marco del sistema de gestión de la calidad que ha sido implantado, adaptado a las condicionantes de su realidad interna y a las impuestas por el entorno en el cual se encuentra.

- **Recomendaciones**

- Verificar si la herramienta cumple con la finalidad requerida.
- La herramienta debe ser de fácil utilización en el trabajo en equipo.
- La herramienta debe de servir de soporte para las acciones de gestión de la calidad en la organización.

i) Referencias normativas

Herramientas para la mejora de la calidad, IUNT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas), 2009.

Seis Sigma en la práctica: guía para la aplicación en proyectos, María Prieto Córdoba, 2009.

Seis Sigma: metodología y técnicas, Edgardo J. Escalante Vázquez, 2013

Elaborado por: Oscar Pilla **Cargo:** Investigador	**Revisado por:** Ing. Ana Pilco **Cargo:** Tutor	**Aprobado por:** Tnlg. Leonardo Pillapa **Cargo:** Tutor empresarial

3.3.4. Metodología para la aplicación de Seis Sigma DMAIC

Las etapas del DMAIC de mejora de procesos, es aplicada a las áreas donde presentan una alta variación de datos. El proceso a seguir se muestra a continuación, con los diferentes aspectos que son necesarios como indica el programa Seis Sigma:

Toma de datos de la empresa

Es necesario los datos más relevantes como es el nombre de la empresa, la actividad a la que se dedica, numero de procesos que posee y el número de carrocerías a inspeccionar.

Nombre de la empresa: Metálicas Pillapa

Actividad: Fabricación de carrocerías

Numero de procesos: Seis

Muestra: 12 carrocerías

Levantamiento de información de los procesos

Se realiza el levantamiento de la información de los procesos de la línea de producción de carrocerías, desde el momento en que el chasis ingresa a las instalaciones hasta la entrega de la unidad al cliente.

Identificación de fallas existentes en las diferentes áreas

Para identificar las fallas existentes en las áreas de producción se aplica la ficha de registro de inspecciones (ver anexo 3), con la finalidad de obtener el tipo y numero de defectos presentes en el producto, así como el número de oportunidades de mejora.

Calcular los defectos por millón de oportunidades (DPMO) y la eficiencia (Yield)

Para este cálculo se utiliza la ecuación 1 y 1.1, así como el anexo 7.

Hallar el valor sigma del proceso

Dependiendo del valor DPMO obtenido en los procesos, y la tabla del anexo 18 se obtiene el valor sigma.

Si se encuentra valores intermedios como en nuestro caso es necesario realizar una interpolación lineal cuya fórmula básica se muestra en la ecuación 6.

$$Y = ya + (X - xa)\frac{(yb-ya)}{(xb-xa)} \quad (6)$$

En donde:

- Y: nivel Sigma a encontrar.
- X: valor Yield encontrado.
- ya, y*b*: rango de valores Sigma establecidos en el anexo 18.
- xa, x*b*: rango de valores Yield establecidos en el anexo 18.

Aplicación de la metodología DMAIC a los procesos que poseen alta variabilidad

Etapa definir

- Se forma el equipo de trabajo para llevar acabo el programa, posteriormente identificar y definir el problema el cual presenta la empresa.
- Se identifica los procesos críticos a partir del diagrama de Pareto de primer nivel en base al número de defectos presentes en cada proceso
- Para analizar los principales factores que originan la aparición de fallas en la fabricación de carrocerías se emplea el diagrama de Ishikawa.
- Se identifica los clientes internos y externos a la empresa, y con la herramienta VOC se identifican los requisitos por parte de los clientes y se clasifica según los requerimientos mediante el diagrama de Kano, finalmente se realiza la matriz con los críticos para el cliente.
- A partir del diagrama SIPOC, se identificar de mejor manera las variables (x) que afectan al producto final (y) de la línea de producción de carrocerías.

- Se realiza la carta del proyecto, el cual es el entregable al final de la etapa definir que contiene todo el análisis previo.

Etapa medir

- Se realiza el mapa de proceso para tener una mayor comprensión del cómo está organizada la empresa. Por otra parte, con la ayuda del diagrama de Ishikawa del análisis previo se desarrolla la matriz causa-efecto para medir de manera cuanlitativa las causas raíz de los problemas detectado.
- Se realiza la matriz AMEF para identificar las fallas potenciales del proceso a partir de su frecuencia, forma de detección y el efecto que provocan en base al anexo 10 y la ecuación 5.

Fase analizar

- Se evalúa la capacidad del proceso teniendo en cuenta los defectos ya sea: los defectos por unidad (DPU), defecto por oportunidades (DPO), defectos por millón de unidades (DPMU), defectos por millón de oportunidades (DPMO) o el rendimiento del proceso (Yield).

De acuerdo a los datos recolectados en el anexo 7 donde se muestra el número de defectos encontrados en cada proceso y correspondientes a cada producto estudiado, se evalúa los procesos a partir de la métrica DPO propio de cada proceso.

Se halla el valor del DPO aplicando la fórmula de la ecuación 7.

$$\mathrm{DPO} = \frac{\mathrm{D}}{N*O} \tag{7}$$

En donde:

- D: es el número de defectos
- N: Número de unidades producidas
- O: Oportunidades de presentar defectos en la unidad.

Etapa mejorar

Se establece posibles soluciones a problemas detectado durante las tres primeras fases de la metodología Seis Sigma, además se designa roles y responsabilidades dentro de la empresa.

Etapa controlar

Se establece un plan de controles y monitoreo que garanticen que la mejora alcanzará el nivel deseado y que pueda sostenerse por períodos largo de tiempo.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

3.4.1. Lista de observación

- Registrar las actividades en el área de estudio.
- Inspeccionar las condiciones de trabajo.
- Interpretar la información obtenida

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Antecedentes generales

4.1.1. La empresa

METÁLICAS PILLAPA

Fig. 10. Logotipo de la empresa [28]

Una empresa perteneciente al sector carrocero, que se localiza en Pelileo grande junto al cementerio del cantón Pelileo, en la provincia de Tungurahua dedicada a la fabricación de carrocerías, inicia sus actividades en el año 1999 gracias al esfuerzo y la visión de Aníbal Pillapa y su familia.

Cuenta con un talento humano capacitado y calificado, en el proceso de producción de carrocerías, así como el compromiso de satisfacer las necesidades de los clientes ofreciendo factores importantes como la calidad, seguridad y elegancia en cada detalle de los servicios, por lo cual siempre buscando la mejora continua de todos sus procesos.

*Misión: "*Metálicas Pillapa construye carrocerías de excelente calidad, bajo normas nacionales, implementando cambios tecnológicos, requisitos fundamentales para dejar en alto nuestro nombre, y el de nuestro país. Además, brindando a nuestros clientes,

nuevos y potenciales, el mejor servicio, a través del mejoramiento constante de nuestro talento humano para así lograr los mejores resultados en cada detalle de nuestro producto" [25].

Visión: "Ser reconocidos a nivel nacional e internacional con nuestros productos, persiguiendo incansablemente altos estándares de calidad, siendo protagonistas del cambio del transporte terrestre ecuatoriano ya que nuestro compromiso es dar ejemplo de iniciativa y progreso que conlleve siempre a satisfacer las necesidades cada vez más exigentes del cliente presente y futuro" [25].

4.1.2. Mapa de procesos

Al definir los pasos para el Control de Calidad se debe considerar un formato fundamental de la documentación para la certificación. Esta documentación se debe basar en un mapa de procesos que se muestra en la Figura 11.

El enfoque a procesos ayuda a Metálicas Pillapa a definir y gestionar de manera sistemática sus procesos y sus interacciones, contribuyendo a la eficacia y eficiencia en el logro de sus resultados planificados**.**

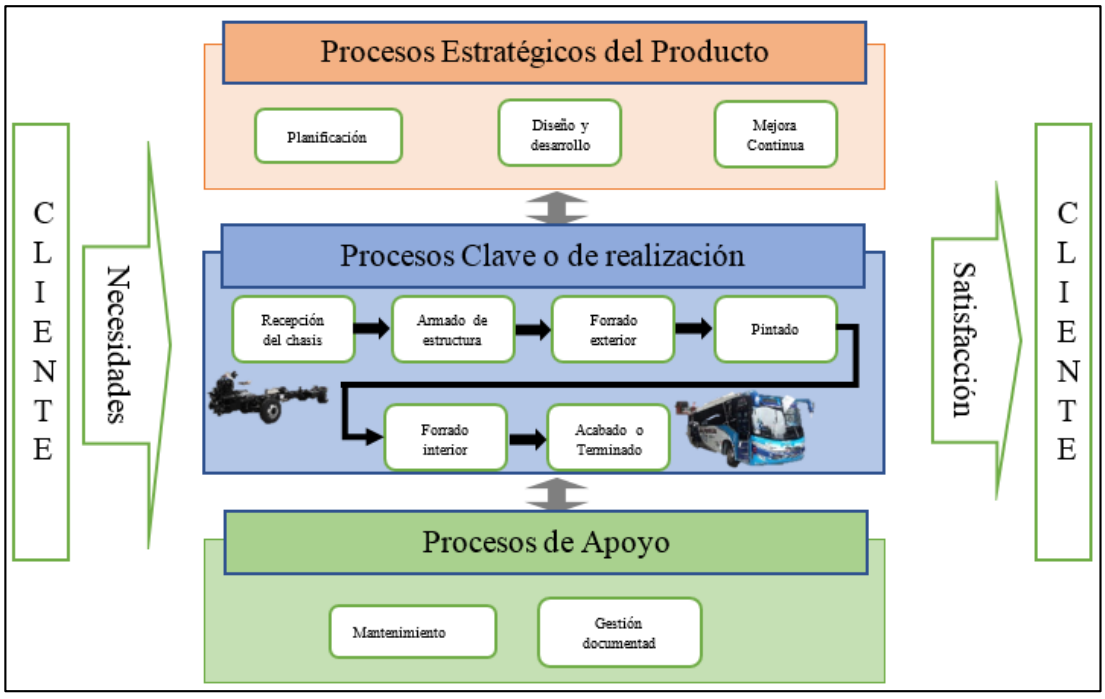


Fig. 11. Mapa de Procesos

El mapa de procesos involucra los procesos directivos con los procesos operativos y los de soporte o apoyo. Los procesos directivos se encuentran dirigidos por la alta

gerencia de la empresa. En los procesos operativos se realiza toda la elaboración del cuero en la línea de producción. Los procesos de soporte están encargados de ayudar a la realización de todos los procesos en la empresa.

4.1.3. Estructura funcional

Metálica Pillapa representa los niveles jerárquicos, responsabilidades y líneas de actuación para dichos niveles en relación a las áreas de trabajo dispuestas en la organización.

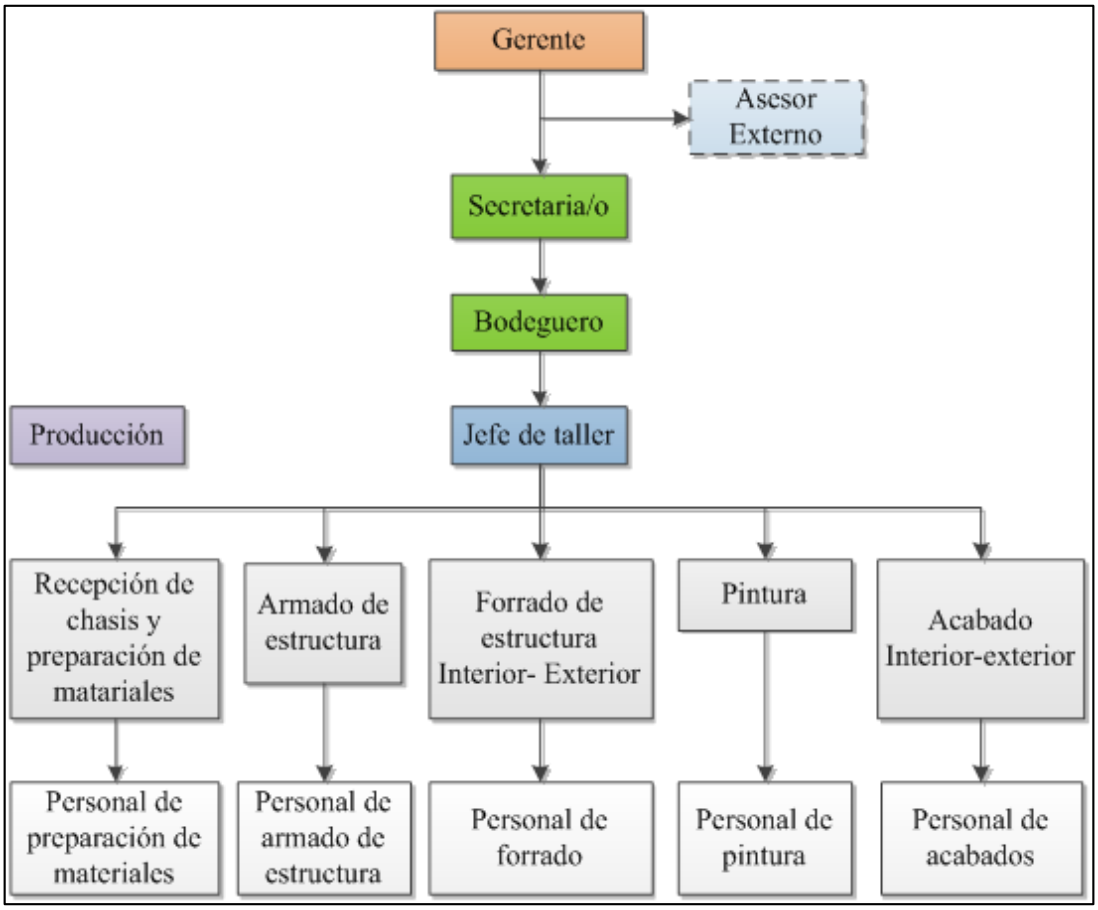


Fig. 12. Estructura funcional.

4.1.4. Productos ofertados

Metálicas Pillapa produce en sus instalaciones buses para el servicio Intracantonal, Escolares, Intraprovincial, Turismo, Intrarregionales e Interprovinciales, para ello cuenta con siete modelos de carrocerías puestas a disposición del cliente cada una de ellas es un producto de diseño y calidad garantizada, a continuación, se detallan los modelos ofertados:

Modelo ALFA

El modelo ALFA mostrado en la Figura 13, utiliza la marca de chasis Hino y modelo FC9JKZ, con capacidad para 32 pasajeros sentados y sin baño en la modalidad de transporte interprovincial, intrarregional y turismo.

Fig. 13. Modelo ALFA [28]

Modelo ALFAMINI

La carrocería mostrada en la Figura 14, tiene una capacidad para 23 pasajeros sentados y 25 de pie, utilizado para el transporte en la modalidad intracantonal urbano, construida sobre un chasis de marca FC9JKSZ.

Fig. 14. Modelo ALFAMINI [28]

Modelo ALFA 700

El modelo ALFA 700 de la Figura 15, es construida sobre un chasis AK8JRSA, con capacidad para 47 pasajeros sentados, utilizado en la modalidad interprovincial, intrarregional y turismo

Fig. 15. Modelo ALFA 700 [28]

ALFA 7

La carrocería ALFA 7, utilizado para el servicio de transporte en la modalidad interprovincial, intrarregional y turismo, con capacidad para 47 pasajeros sentados, fabricado sobre un chasis de marca AK8JRSA, como se muestra en la Figura 16.

Defe

Fig. 16. Modelo ALFA 7 [28]

Modelo SHADDAI BUS

La carrocería SHADDAI BUS como se muestra en la Figura 17, fabricado sobre un chasis de marca AK8JRSA, utilizado para el transporte en la modalidad intraprovincial, con capacidad para 44 pasajeros sentados.

Fig. 17. Modelo SHADDAI BUS [28]

Modelo MINICITY

El modelo MINICITY, tiene una capacidad para 21 pasajeros sentados y 25 de pie, con dos puertas del lado derecho, fabricado sobre un modelo de chasis LO915, utilizado para el transporte intracantonal urbano, como se indica en la Figura 18.

Fig. 18. Modelo MINICITY [28]

Modelo CITYBUS7

La carrocería CITYBUS7 de la Figura 19, con dos puertas distribuida del lado derecho, fabricado sobre un chasis de marca AK8JRSA, empleado para el transporte intracantonal urbano, posee una capacidad para 45 pasajeros sentados y 19 de pie.

Fig. 19. Modelo CITYBUS7 [28]

4.1.5. Análisis del objeto de estudio

Analís ABC

El objetivo de este análisis es identificar los artículos clase A, para controlarlo correctamente usando técnicas de monitoreo. Por otra parte, la clase A debe ser revisada con frecuencia y mantener actualizados los registros. En la Tabla 11 se indica en análisis ABC de los productos desde el periodo de 2017 a agosto de 2018.

Tabla 11. Análisis ABC de los modelos de buses [28].

Modelo	Frecuencia	Costo unidad	Valor	%	Acumulado	Clasificación
ALFA7	26	75000	1950000	61,0%	61,0%	A
SHIDDAI BUS	11	48000	528000	15,9%	76,9%	A
ALFAMINI	9	33000	297000	8,9%	85,8%	B
ALFA	3	50000	150000	4,5%	90,4%	B
CITYBUS7	3	50000	150000	4,5%	94,9%	B
ALFA700	2	70000	140000	4,2%	99,1%	C
MINICITY	1	30000	30000	0,9%	100,0%	C

Del análisis en la clasificación ABC, se determina que el 76,9% de los beneficios recae en dos modelos; Alfa7 y ShidaiBus. De la misma forma deben ser monitoreados y controlados con el propósito de conocer sus existencias, estado y demás información que es esencial para lograr realizar planes de producción factibles, programas de producción reales, abastecimientos oportunos y distribuciones efectivas.

Frecuencia de producción

En análisis ABC realizado anteriormente indica que los modelos que generan mayores ingresos son los modelos ALFA7 y SHIDAIBUS, son los productos que más acogida tienen por los clientes. El análisis se realiza a partir de la frecuencia del producto mayor fabricado en el período de realización de la investigación, tomando en cuenta los modelos que mayores beneficios brindan a la empresa.

En la Tabla 12, se observa el número de modelos (ALFA7, SHIDDAIBUS) producidos en el año 2017 a agosto de 2018.

Tabla 12. Producción Metálicas Pillapa

Año		**2017**	**2018 (Enero-Agosto)**
Código	Modelo	Unidades fabricadas	Unidades fabricadas
1	ALFA7	15	11
2	SHIDDAI BUS	6	5
Total		21	16

Las unidades fabricadas en el 2017 fueron de 21 unidades de estos dos modelos, mientras que desde enero a agosto de 2018 se manufacturo 16 unidades, según datos de los registros de la empresa. Todos los modelos mencionados tienen registro de homologación, después de todo es uno de los factores más importantes que influyen en las personas para su adquisición.

A partir de la Tabla 12, se elabora el diagrama de barras representado en la Figura 20, en el que se observa el modelo de carrocería mayor vendido actualmente.

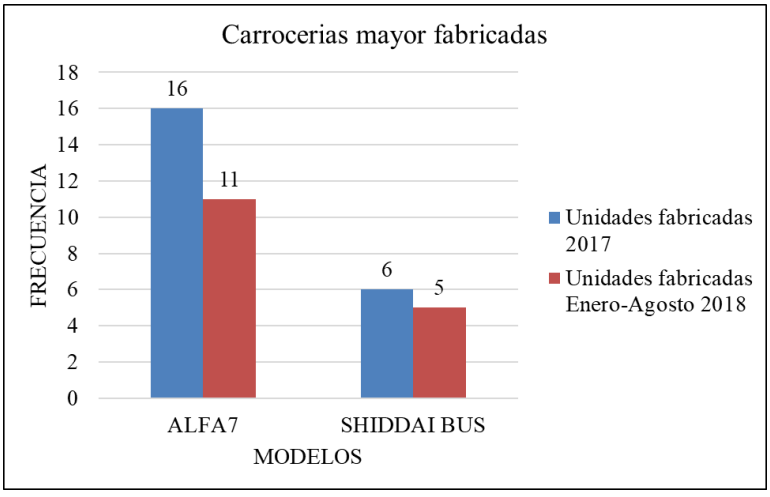


Fig. 20. Productos fabricados

ALFA7 es uno de los modelos de bus de mayor producción dentro de su línea de producción con una frecuencia de 16 unidades en el año de 2017 y una frecuencia de 11 entre enero y agosto del 2018, según un reciente informe de Metálica Pillapa.

4.1.6. Descripción del proceso de producción

La fabricación de carrocerías en Metálicas Pillapa requiere de una serie operaciones y actividades complejas debido al diseño y el tiempo de procesamiento, el trabajo va desde emitir la orden de producción hasta la entrega final al cliente. A continuación, se describe e ilustra el proceso de producción.

- **Recepción del chasis y orden de producción**

Recepción del chasis: El chasis junto a la hoja de registro es recibido en las instalaciones de la empresa, posterior a su revisión de las partes externas, así como la verificación de funcionamiento del chasis, una vez realizado la revisión y comprobado que no existe ningún fallo el chasis es enviado a los interiores del taller para ser procesado. En la Figura 21, se muestra el chasis en el área de recepción.

Fig. 21. Recepción del chasis

Orden de producción: La orden de producción es el control individualizado que se lleva a cada pedido o trabajo, lleva un conteo de las materias primas, mano de obra y gastos indirectos que son empleados generando un informe del costo de producción de la carrocería.

Después de realizar la recepción del chasis, se procede al estudio de las medidas y análisis de la orden de trabajo, luego se entrega la orden de trabajo y los planos a las diferentes secciones.

Preparación de materiales: Una vez entregado la orden se comprueba si existe stock de materiales en bodega, luego son adquiridos por el personal y ser trasladados al área de trabajo donde serán seccionados y fondeados en partes más pequeñas según para el área de trabajo que se estén preparando los materiales. Esto se indica en la Figura 22.

Fig. 22. Preparación de materiales

Preparación de fibras: Se preparan los moldes de las diferentes piezas para luego aplicar la fibra junto con la resina, hiercol y desmoldantes obteniendo así: Fibra del frente, Fibra del respaldo, Fibras de techo-exterior, Tablero, Consola, Tapa tubos, Costados-interiores, entre otros.

- **Armado de la estructura**

Una vez ingresado el chasis desde la recepción, se prepara y se desmonta una parte de los accesorios como faros, rueda de emergencia entre otros.

Armado de los anclajes: Son los soportes principales donde se montará la carrocería, se realiza el corte de las placas y los tubos los cuales formaran un conjunto el cual se denominan como anclajes. Una vez preparado los anclajes estos son ubicados, para finalmente realizar el agujereado y empernado de los mismos con el chasis. Como se indica en Figura 23.

Fig. 23. Armado de anclajes

Armado del piso: Es un ensamble de tubos galvanizados que se encuentren sin deformación alguna, estos son montados sobre la base del bastidor transversalmente. A continuación del tendido de los tubos del piso, se colocan los sócalos tanto del lado izquierdo como derecho a cada extremo. En la Figura 24, se muestra el armado del piso.

Fig. 24. Armado piso

Armado de laterales y techo: Son la unión de tubos en forma de arco con los sócalos de la carrocería, donde serán sodadas y rematadas. El armado del tejido estructural del techo, se alinean los tubos y se sueldan a los arcos. En la Figura 25, se muestra el armado de los laterales con el tejido estructural del techo.

Fig. 25. Armado de laterales y techo

Armado de respaldo: En la Figura 26, se muestra la construcción de la parte posterior de la carrocería, esta se construye a partir de dar forma a los tubos cuadrados de acuerdo a los planos del modelo, luego estos son montados sobre los tubos principales de la estructura.

Fig. 26. Armado respaldo

Armado de frente: Los tubos pasan por un proceso de formado según los planos de construcción del frente de la carrocería a fabricar para luego ser colocados y soldando para finalmente dar fondo de color a las uniones soldadas. Este se muestra en la Figura 27.

Fig. 27. Armado frente

Armado de bodegas: El armado de las bodegas se indica en la Figura 28, los materiales son preparados por los trabajadores según las dimensiones especificadas en los planos. A continuación, estos son alineadas, soldadas y puesto pintura anticorrosiva en las áreas soldadas.

Fig. 28. Armado de bodegas

- **Forrado exterior de la estructura:**

Forrado del techo: Los excedentes de la soldadura de la parte estructural exterior del techo son pulidas, se aplicar pintura anticorrosiva, lijado de las áreas y limpiado donde se adicionará el aditivo sikaprimer y sika 260, previo a la alineación y colocación de la fibra de vidrio sobre el techo estructural. En la Figura 29, se muestra el techo forrado.

Fig. 29. Forrado de techo

Forrado de faldón bajo: Es cubierto con tol 0.90mm las áreas bajas descubiertas de la estructura.

Forrado de lateral medio: Se cubre la parte media de la estructura, con tol 0.90 que se encuentre libre de abolladuras o cualquier otro desperfecto, se inicia realizando el corte del tol y se realiza el pulido, lijado y limpia de los tubos con desengrasante. A continuación, se agrega el aditivo sika 210, se alinea, se templa el tol y sujeto por puntos de suelda. Esto puede ser observado en la Figura 30.

Fig. 30. Forrado de laterales medios y faldón bajo

Forrado del frente y respaldo: Se cubre con fibra de vidrio prefabricada con el modelo a ser montado tanto en la parte posterior y frontal de la carrocería, las áreas de la fibra donde se unirán la estructura del respaldo son lijadas y limpiadas, finalmente se alinea y se coloca el respaldo. En la Figura 31, se muestra el forrado del frente y respaldo.

Fig. 31. Forrado frente y respaldo

Forrado de bodegas: El forrado de bodegas se muestra en la Figura 32, donde las paredes son forradas con tol 0.90mm y mientras que los pisos son forrados con aluminio corrugado de 2mm.

Fig. 32. Forrado de bodegas

Forrado de compuertas: La fabricación de las compuertas es realizada a partir de planchas de tol 0.90mm que no indiquen o posean abolladuras, se realiza el doblado de los bordes y soldado, así como el montaje de los refuerzos, chapas y los brazos de la compuerta. Esto se puede observar en la Figura 33.

Fig. 33. Forrado de compuertas

Construcción del piso: El piso es forrado con tol, se aplica pintura anticorrosiva en las uniones soldadas se procede a la tomar las medidas del piso, se realiza el corte del tol y se van acoplando a lo largo de todo el piso. En la Figura 34, se muestra la construcción del piso.

Fig. 34. Construcción piso

Preparación y pintura

Preparación de la carrocería: Antes del pintado, la carrocería pasa por una etapa de preparación para eliminar las abolladuras y obtener una superficie libre de hundimientos, esta etapa se puede observar en la Figura 35.

- Pulido de la carrocería con la ayuda de máquinas eléctricas.
- Unión del respaldo y el techo con fibra de vidrio.
- Cubierta de las imperfecciones ocasionadas por la soldadura y las uniones de fibra de vidrio de la carrocería, con masilla plástica y poliéster.

Fig. 35. Preparación unidad

Pintado de la carrocería

- Limpieza minuciosa de las áreas a ser pintadas.
- Limpieza con desengrasante eliminando excedentes de impurezas obteniendo una superficie libre de grasa y polvo
- Aplicación de fondo de anclaje
- Aplicación de fondo de relleno
- Lijado del fondo de relleno con lija y limpieza con desengrasante
- Aplicación de la pintura al color y diseño especificado en la orden de producción. Este proceso se puede observar en la Figura 36.
- Aplicación de barniz.

Fig. 36. Pintado de la unidad

Acabados

Forrado interior de la carrocería

Forrado del techo: Montaje de la fibra de vidrio de aspecto vistoso y ensamble de las claraboyas con la ayuda de tornillos. La fibra de vidrio colocada en el techo se muestra en la Figura 37.

Fig. 37. Forrado techo interior

Forrado de los costados y respaldo: El forrado interior representado en la Figura 38, se realiza el acoplamiento de los forros de fibra de vidrio con las paredes laterales y respaldo.

Fig. 38. Forrado costados y respaldo

Forrado del piso: Se adhiere la moqueta, mediante la aplicación de cemento de contacto. El forrado del piso con la moqueta se indica en la Figura 39.

Fig. 39. Forrado piso y colocado de aluminio en los pasillos

Forrado de la cabina: El interior de la cabina representado en la Figura 40, se acopla la consola con el techo de la cabina, así como el montaje del tablero los cuales son fijados mediante tornillos.

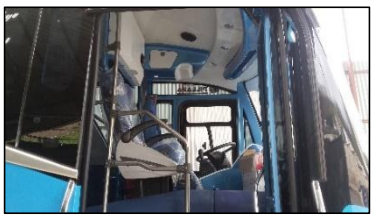


Fig. 40. Forrado cabina

Montaje de vidrios y parabrisas: Son montados y fijados y sellados con aditivo sikaflex 252 y sellados con para impedir la filtración de agua al interior de bus. Este montaje se puede observar en la Figura 41.

Fig. 41. Montaje de vidrios y parabrisas

Montaje de compuertas: Estas son acopladas a las bodegas mediante suelda y se colocan los empaques.

Armado del sistema eléctrico: Se distribuye del sistema eléctrico por toda la carrocería y se realiza una revisión de las conexiones.

Preparación de partes y piezas: Se realiza la preparación de los elementos a ser montados dentro y fuera de la carrocería como:

- Faros delanteros
- Luces de parqueo, direccionales y frenos.
- Retrovisores.
- Botiquín, extintor y martillo
- Parlantes, luces de lectura, descanso y de salón.
- Sistema limpia parabrisas.

Colocación de asientos: Se señala y se ubican los asientos, luego son fijados al piso con pernos en todo el interior de la carrocería.

Montaje de sistema hidráulico: Se arma el sistema hidráulico y prueba de funcionamiento.

Decoración de la unidad: Se realiza estampado de los logos de la empresa a la cual pertenece la unidad y la marca de la carrocería.

Fig. 42. Pegado de señalética en la unidad

Prueba general de los sistemas del bus: Se comprueba y verifica que todos los sistemas estén en perfecto funcionamiento tanto eléctrico como neumático.

Entrega al cliente: En este punto final de la línea de producción la unida debe cumplir con los requisitos estipulados en la orden de producción, para la posterior entrega de la unidad al cliente, llegando así al final de la línea producción de la carrocería.

Fig. 43. Entrega de la unidad al cliente

4.1.7. Levantamiento de procesos

El anexo 1 muestra el levantamiento de los procesos de producción de la empresa Metálicas Pillapa. Puesto que al conocer toda la línea de producción desde el momento que ingresa el chasis a las instalaciones hasta la entrega de la unidad al cliente, genera mayor entendimiento, ya que la presente investigación se centra en la detección de fallas dentro de los procesos de producción.

Diagrama de operaciones

Se establece los cursogramas sinópticos y analíticos del proceso, los cuales ayudan a representar de manera simbólica del acto de elaborar un producto de manera cronológica todas las secuencias del proceso y la disposición del manejo de materiales. En la Tabla 13 se detalla la simbología a utilizarse.

Tabla 13. Simbología de la norma ASME para la elaborar diagramas de flujo [27]

SÍMBOLO	REPRESENTACIÓN	UTILIZACIÓN
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento.
	INSPECCIÓN	Indica que se verifica la calidad y/o cantidad de algo.
	DESPLAZAMIENTO O TRANSPORTE.	Indica el movimiento de los empleados, material y equipo de un lugar a otro.
	DEPÓSITO PROVISIONAL O ESPERA.	Indica demora en el desarrollo de los hechos.
	ALMACENAMIENTO PERMANENTE	Indica el depósito de un documento o información dentro de un archivo, o de un objeto cualquiera en un almacén.

4.1.8. Diagrama Sinóptico

Para el análisis de los procesos de fabricación de carrocerías se procede a registrar la información mediante gráficas y símbolos estandarizados para ello empleamos la normativa ASME como indica la Tabla 13. A continuación, en la Figura 44, se indica el diagrama sinóptico.

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja**: 1 de 12	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método**: Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha**: Martes 24 de julio de 2018
Compuesto por: Área de producción		

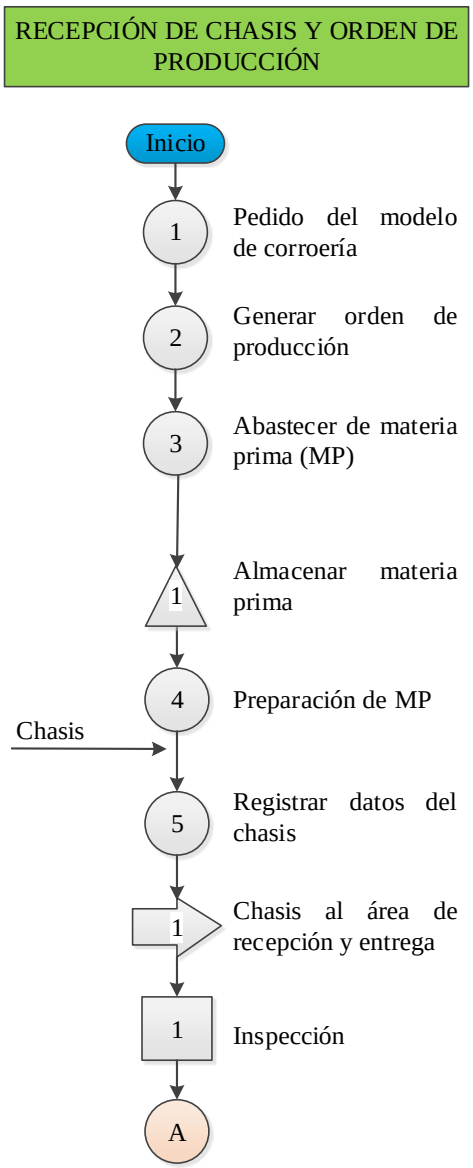


Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja**: 2 de 12	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método:** Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha**: Martes 24 de julio de 2018
Compuesto por: Área de producción		

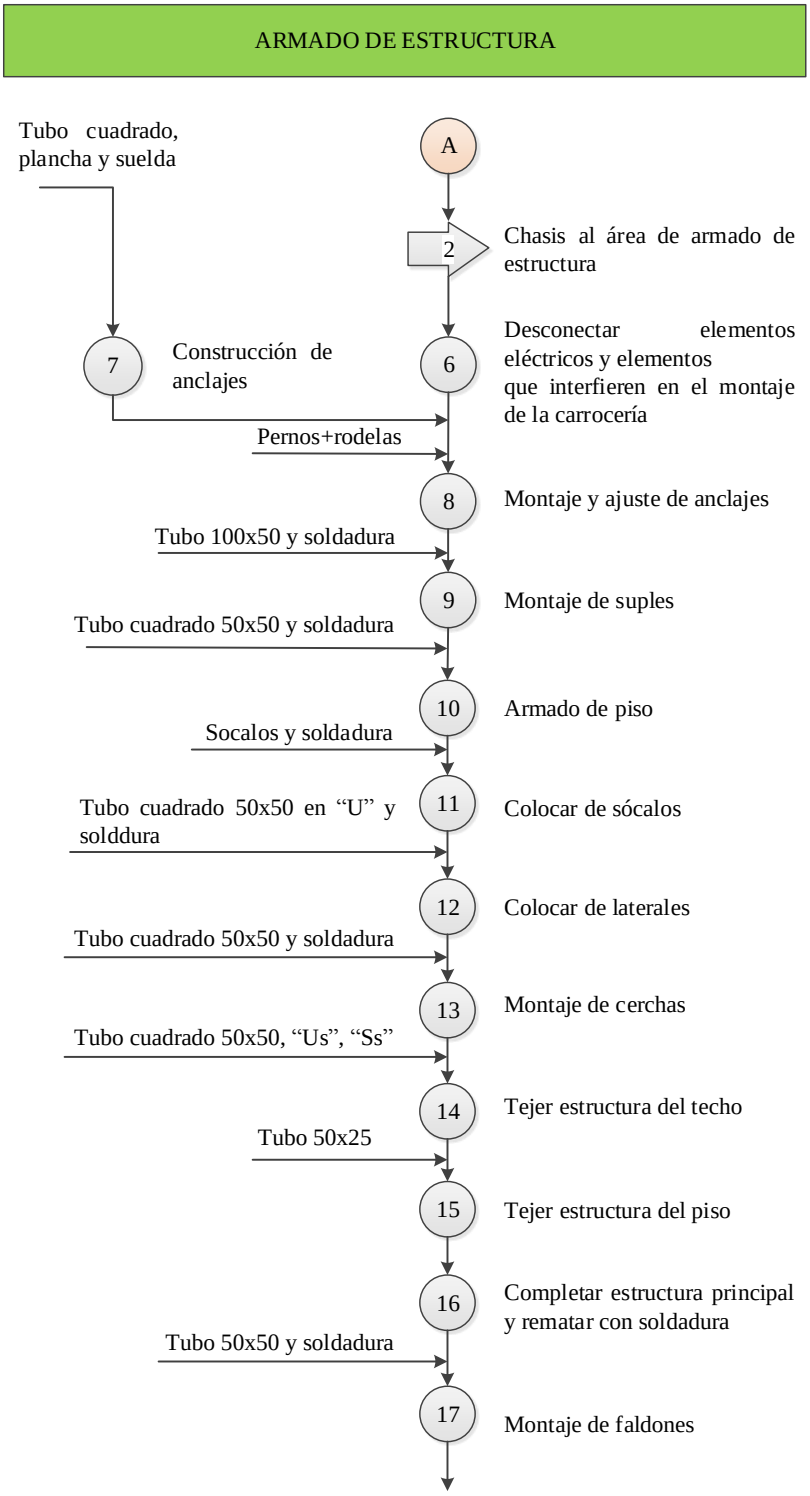


Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías. (Continuación 1)

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja**: 3 de 12	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método:** Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha**:
Compuesto por: Área de producción		Martes 24 de julio de 2018

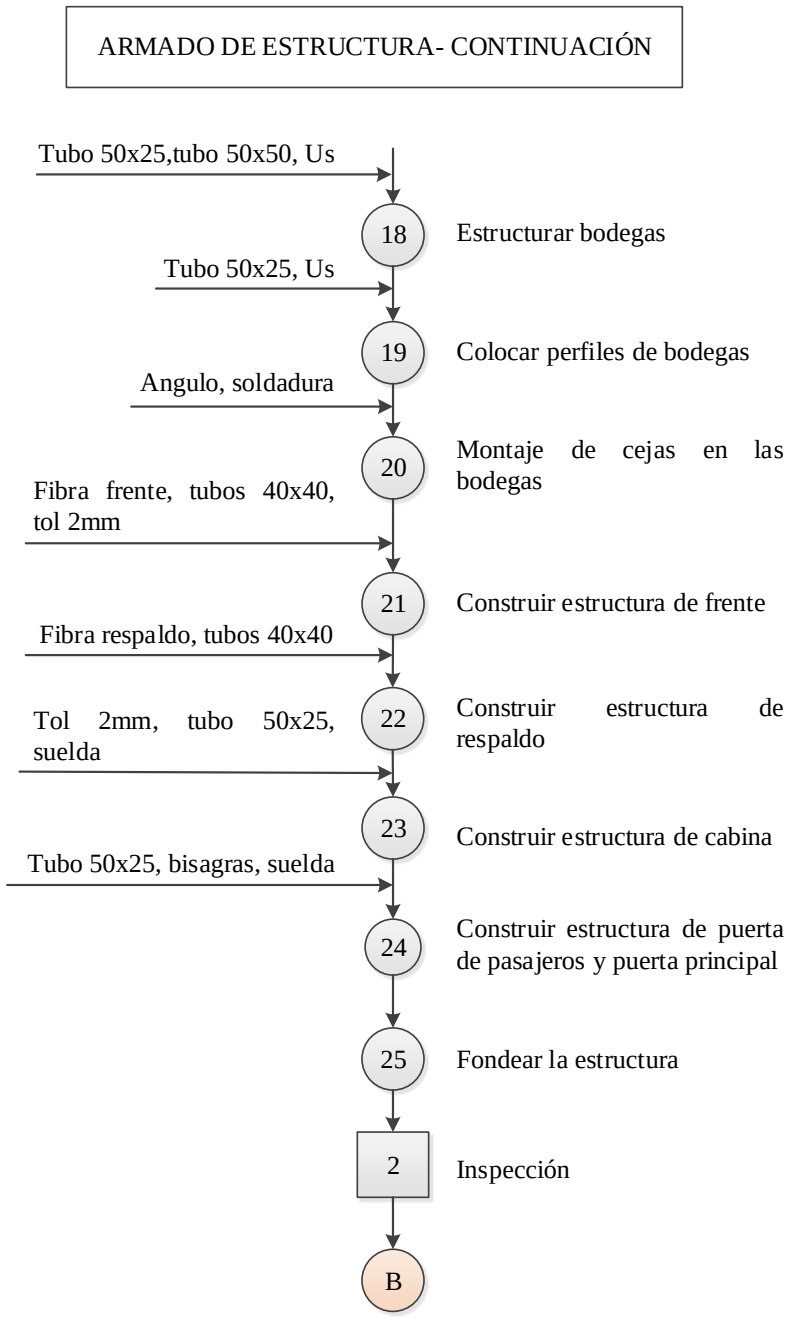


Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías. (Continuación 2)

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja:** 4 de 12	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método:** Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha:**
Compuesto por: Área de producción		Martes 24 de julio de 2018

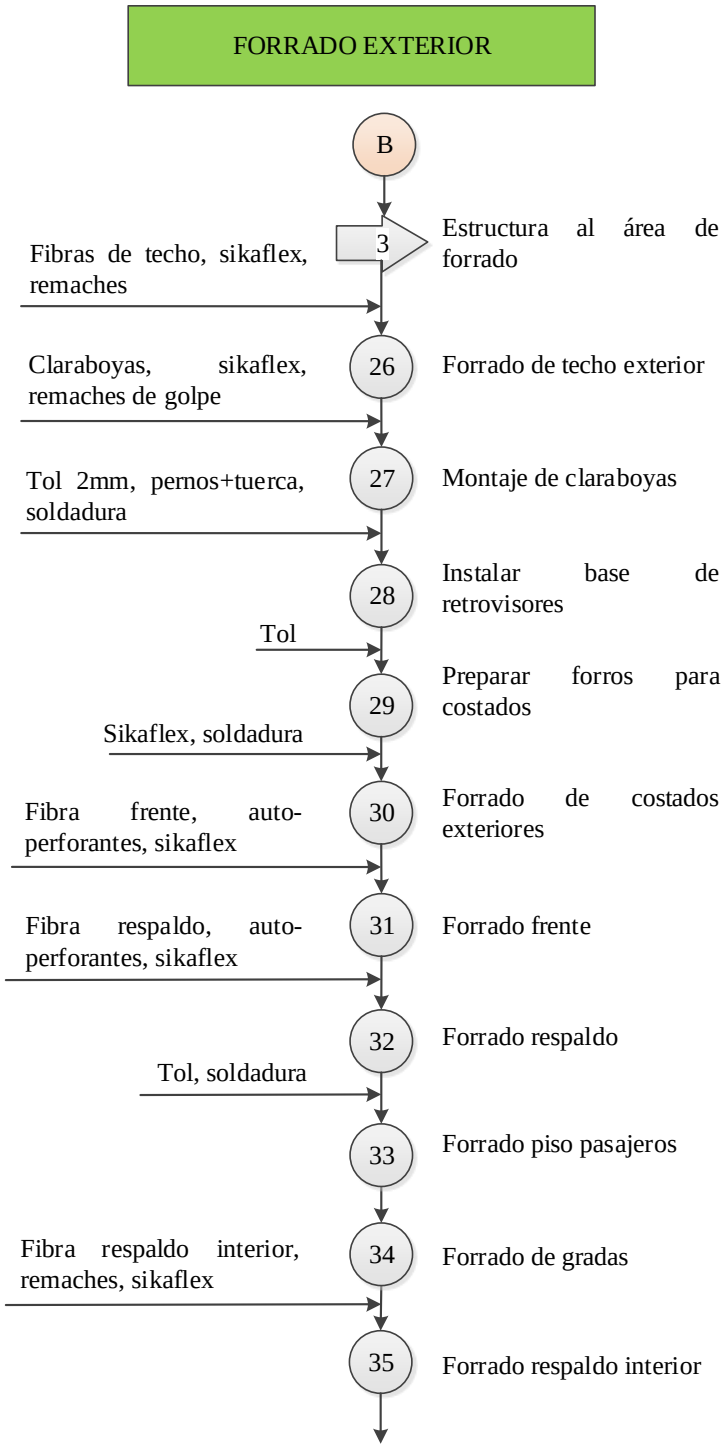


Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías. (Continuación 3)

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja:** 5 de 12	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método:** Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha:**
Compuesto por: Área de producción		Martes 24 de julio de 2018

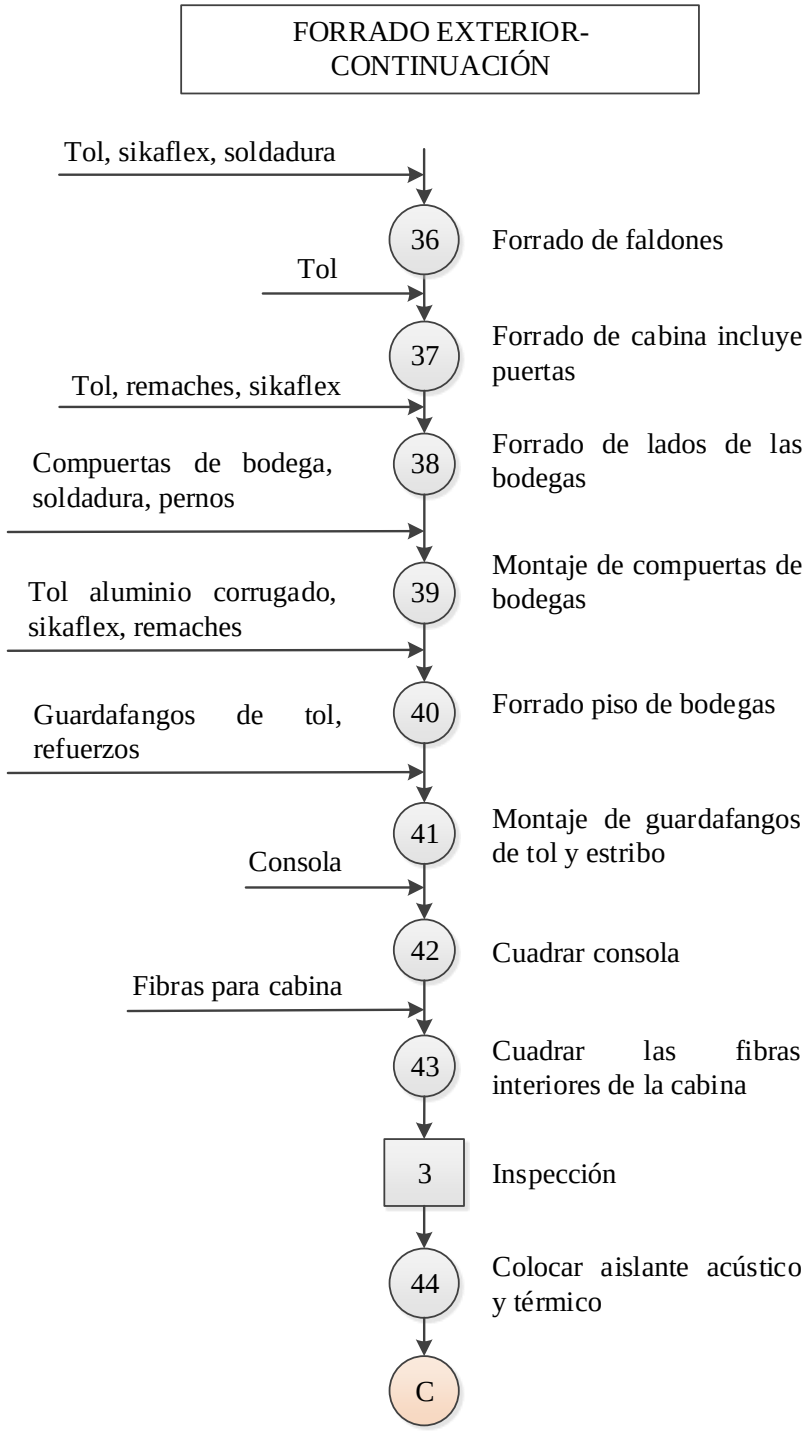


Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías. (Continuación 4)

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja:** 6 de 12	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método:** Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha:**
Compuesto por: Área de producción		Martes 24 de julio de 2018

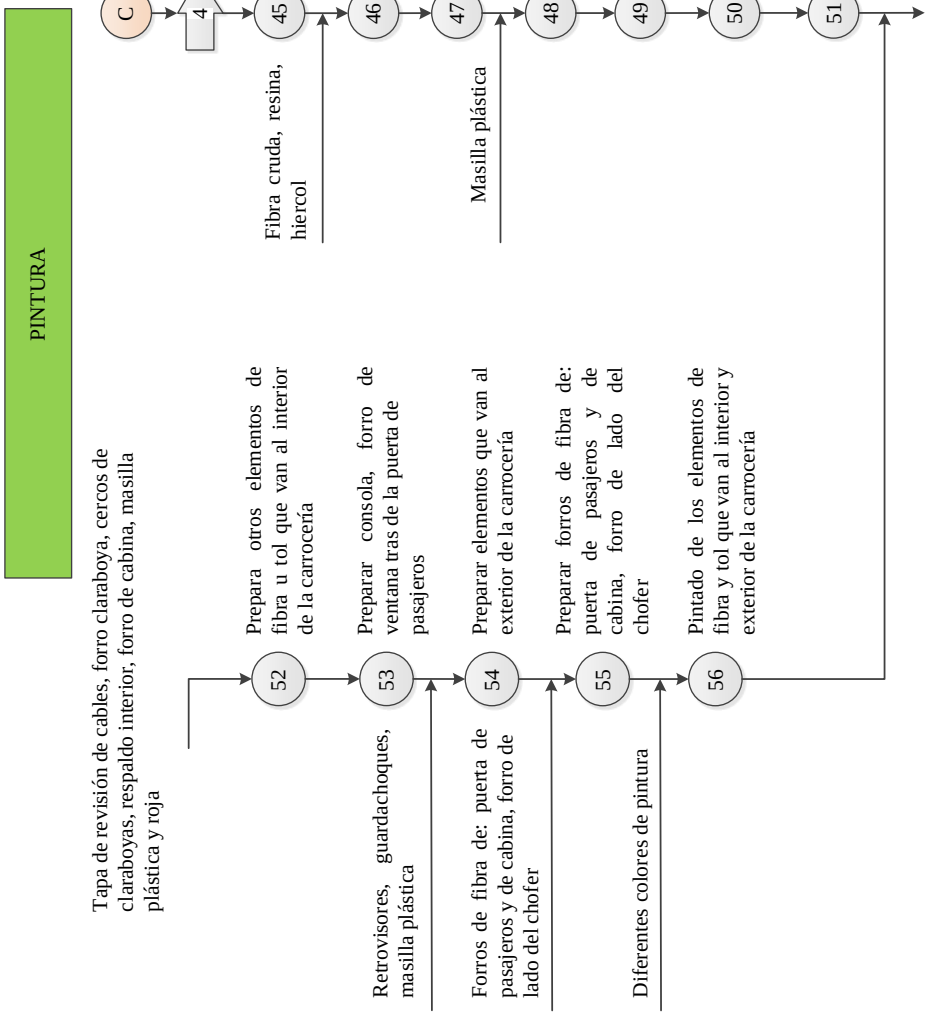


Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías. (Continuación 5)

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja:** 7 de 12	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método:** Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha:**
Compuesto por: Área de producción		Martes 24 de julio de 2018

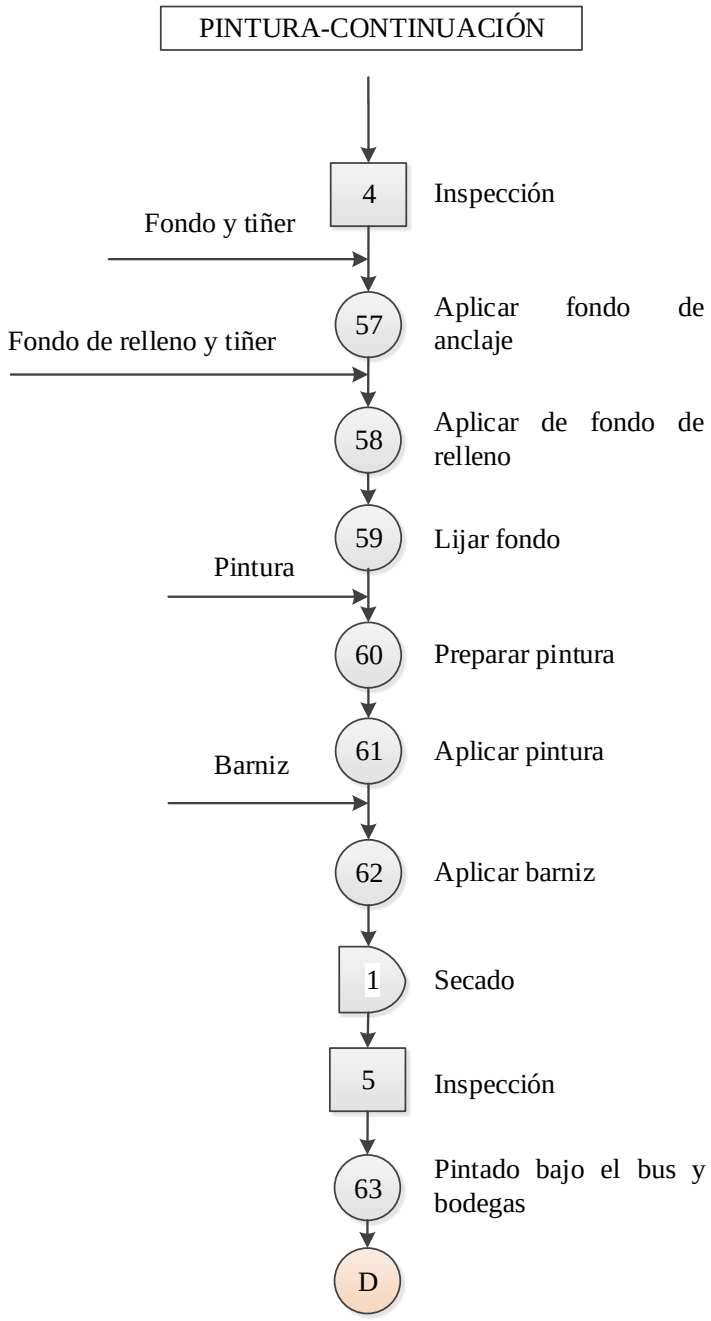


Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías. (Continuación 6)

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja:** 8 de 112	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método:** Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha:**
Compuesto por: Área de producción		Martes 24 de julio de 2018

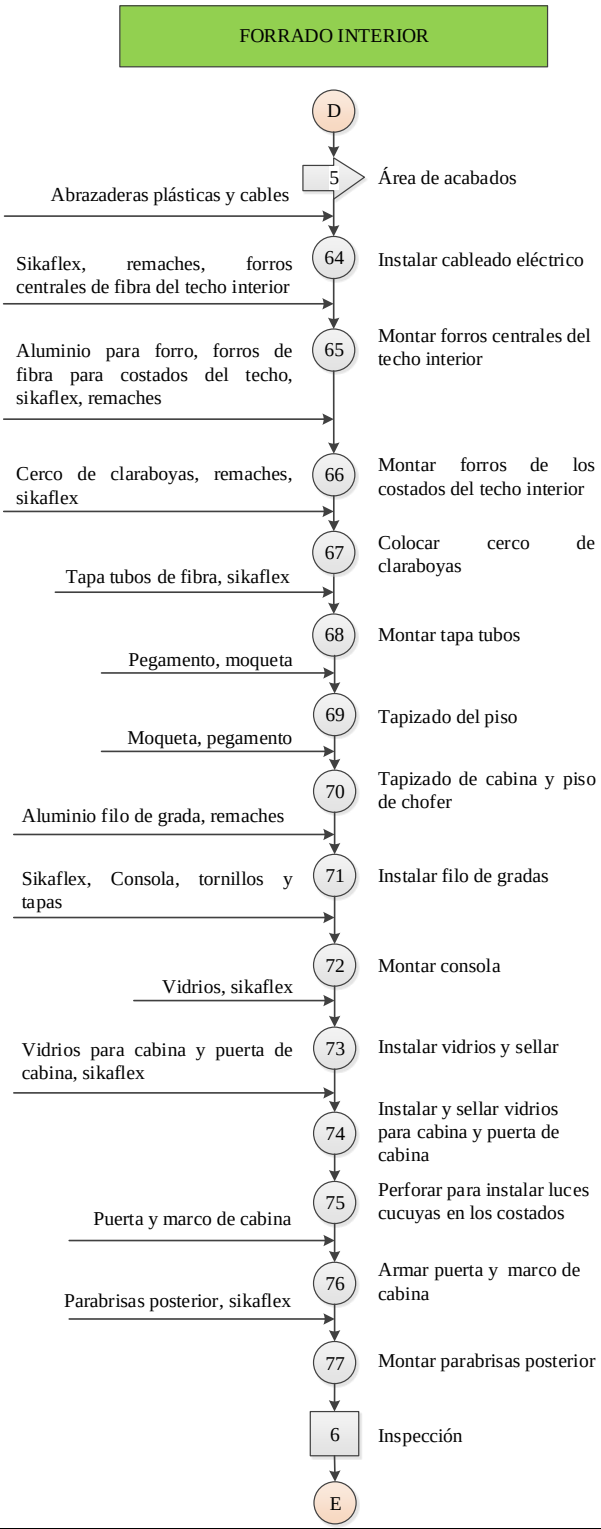


Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías. (Continuación 7)

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja:** 9 de 12	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método:** Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha:**
Compuesto por: Área de producción		Martes 24 de julio de 2018

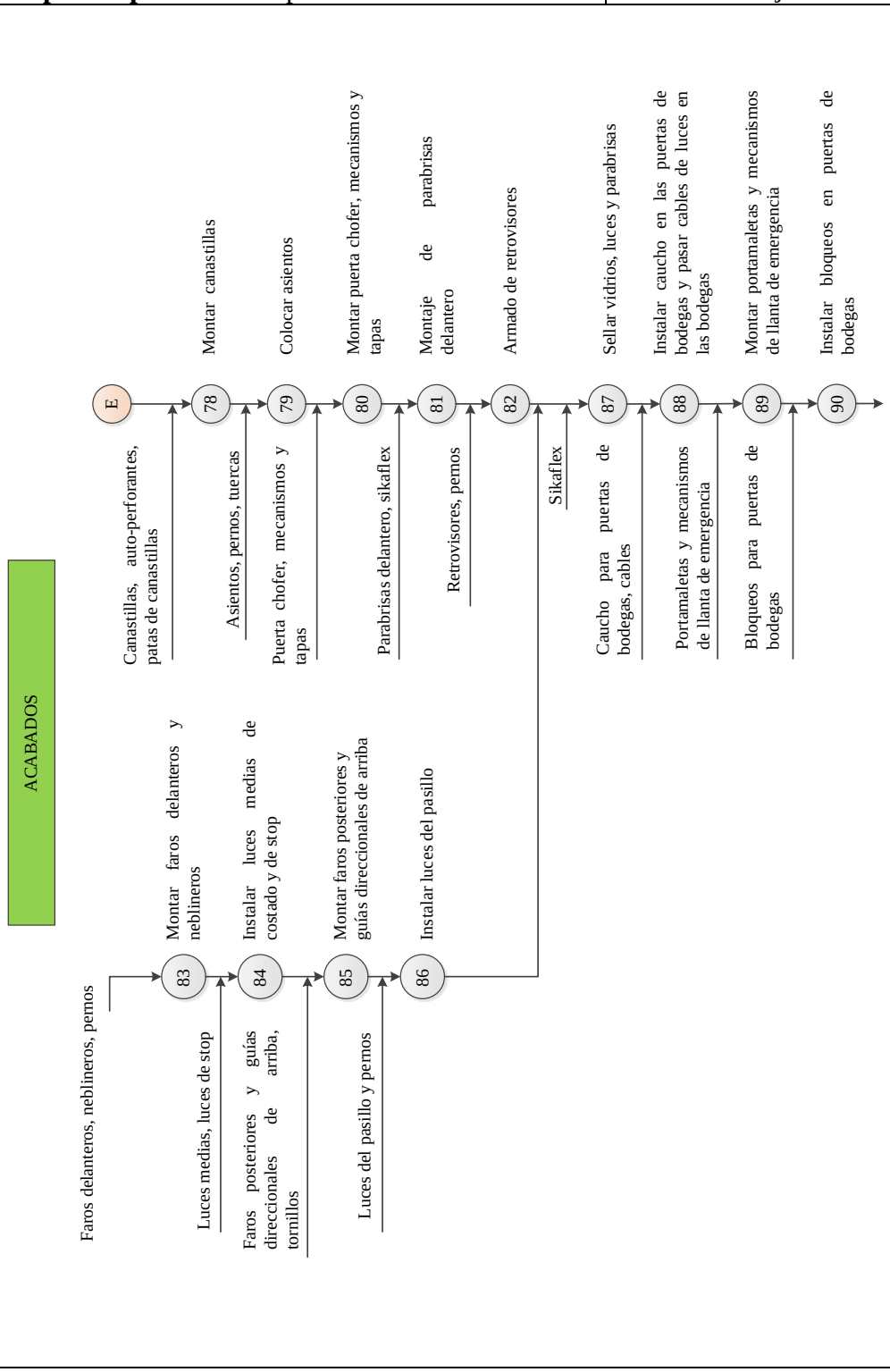


Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías. (Continuación 8)

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja:** 10 de 12	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método:** Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha:**
Compuesto por: Área de producción		Martes 24 de julio de 2018

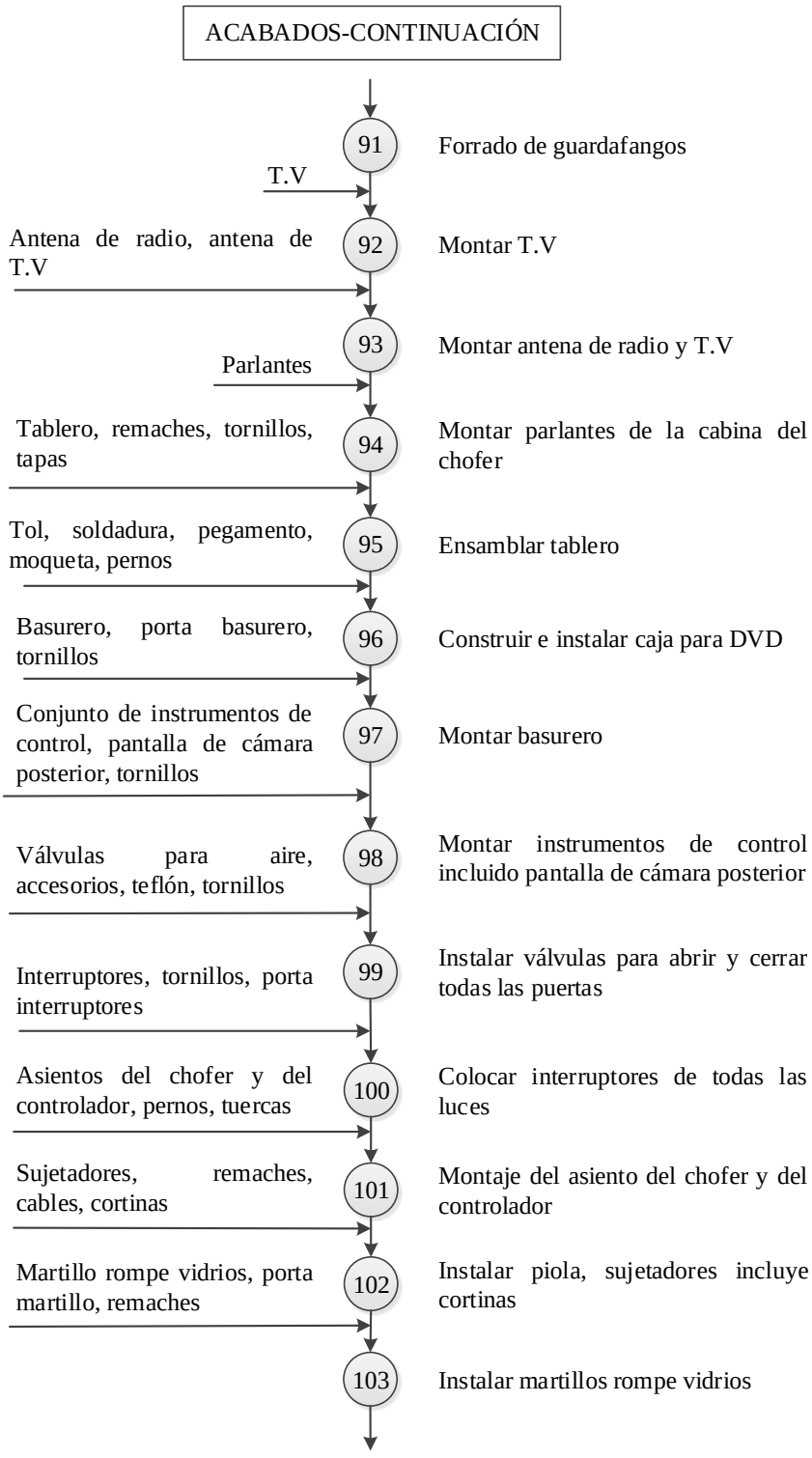


Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías. (Continuación 9)

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja:** 11 de 12	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método:** Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha:**
Compuesto por: Área de producción		Martes 24 de julio de 2018

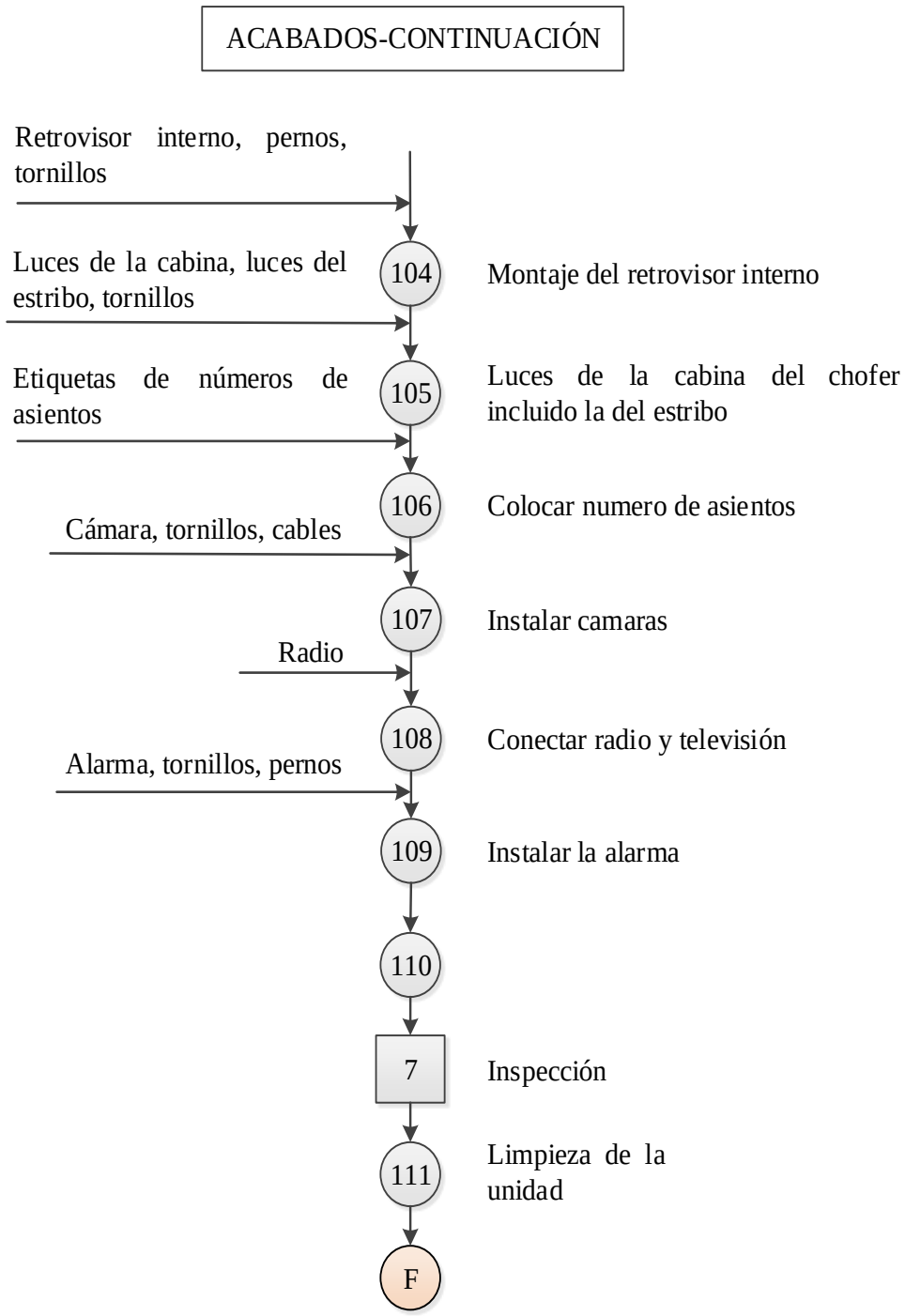
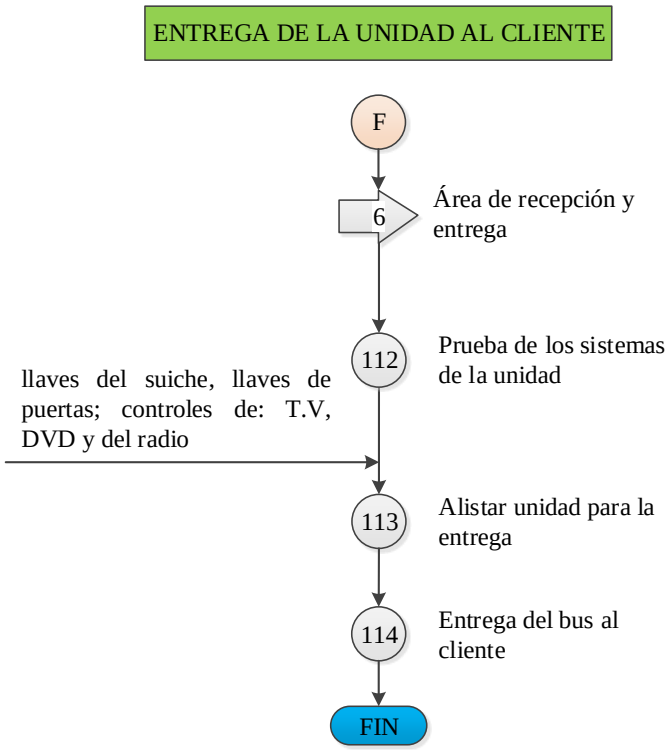


Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías. (Continuación 10)

DIAGRAMA SINÓPTICO		
Diagrama Núm.: 1	**Hoja:** 12 de 12	
Producto: Corroería de buses		
Lugar: Metálicas Pillapa		**Método:** Actual / ~~Propuesto~~
Responsable: Oscar Pilla		**Fecha:**
Compuesto por: Área de producción		Martes 24 de julio de 2018



Resumen	
Actividad	Cantidad
Operaciones	114
Inspecciones	7
Almacenamiento	1
Transportes	6
Espera	1
Total	129

Al realizar el registro de la información inicial de los procesos de fabricación de carrocerías se logró identificar que posee: 114 operaciones, 7 inspecciones, 1 almacenamiento, 6 transportes y 1 espera, esto desde que el chasis es recibido hasta la entrega de la unidad terminada.

Fig. 44. Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías. (Continuación11)

4.1.9. Cursograma analítico

Se desarrolla el cursograma analítico el cual ayuda a identificar de mejor manera el almacenamiento, manipulación y el movimiento de los materiales entre las distintas operaciones inherentes a la fabricación.

En la Tabla 14, se indica en cursograma analítico donde se observa gráficamente el orden en que se desarrolla las operaciones, transporte, espera, inspección y almacenamiento durante el proceso de fabricación.

Tabla 14. Diagrama analítico del proceso de producción de Metálicas Pillapa

METÁLICAS PILLAPA		**DIAGRAMA ANALÍTICO**					
		Diagrama Núm.: 2	Hoja: 1/4	Resumen			
		Método	Actual/~~Propuesto~~	Actividad			Actual
Producto	Carrocería de buses	Empieza		Operación	●		114
		Termina		Transporte	➡		6
Operaciones	Recepción de chasis, orden de producción y Armado de estructura			Espera	D		1
Lugar	Metálicas Pillapa			Inspección	■		7
Operario (s)	32			Almacenamiento	▲		1
Elaborado por	Oscar Pilla	Fecha		Distancia (m)			160
Aprobado por	Leonardo Pillapa	Fecha					

Descripción	# Act.	Dist. (m)	Símbolo					Obs.
			●	➡	D	■	▲	
Recepción de chasis y orden de producción								
Pedido del modelo de corroería	1							
Generar orden de producción	2							
Abastecer materia prima (MP)	3							
Almacenar materia prima	1							
Preparar materia prima	4							
Registro de datos del chasis	5							
Transportar el chasis al área de recepción y entrega	1	20						
Inspeccionar el chasis	1							
Área de estructura								
Transportar el chasis al área de armado de estructura	2	20						
Desconectar elementos eléctricos y elementos que interfieren en el montaje de la carrocería	6							
Construir de anclajes	7							
Montaje y ajuste de anclajes	8							
Montar suples	9							
Armado de piso	10							
Colocar sócalos	11							
Colocar laterales	12							
Montar cerchas	13							
Tejer estructura del techo	14							
Tejer estructura del piso	15							
		40	**15**	**2**	**0**	**1**	**1**	

Tabla 14. Diagrama analítico del proceso de producción de Metálicas Pillapa. (Continuación 1)

METÁLICAS PILLAPA		**DIAGRAMA ANALÍTICO**					
		Diagrama Núm.: 2	Hoja: 2/4	Resumen			
		Método	Actual/~~Propuesto~~	Actividad			Actual
Producto	Carrocería de buses	Empieza		Operación	●		114
		Termina		Transporte	➡		6
Operaciones	Armado de estructura, Forrado exterior			Espera	D		1
Lugar	Metálicas Pillapa			Inspección	■		7
Operario (s)	32			Almacenamiento	▲		1
Elaborado por	Oscar Pilla	Fecha		Distancia (m)			160
Aprobado por	Leonardo Pillapa	Fecha					

Descripción	# Act.	Dist. (m)	Símbolo					Obs.
			●	➡	D	■	▲	
		40	**15**	**2**	**0**	**1**	**1**	
Completar estructura principal y rematar con soldadura	16							
Montar faldones	17							
Estructurar bodegas	18							
Colocar perfiles de bodegas	19							
Montar cejas en las bodegas	20							
Construir estructura de frente	21							
Construir estructura de respaldo	22							
Construir estructura de cabina	23							
Construir estructura de puerta de pasajeros y puerta principal	24							
Fondear la estructura	25							
Inspección	2							
Área de forrado								
Transportar estructura al área de forrado	3	35						
Forrado de techo exterior	26							
Montar claraboyas	27							
Instalar base de retrovisores	28							
Preparar forros para costados	29							
Forrado de costados exteriores	30							
Forrado frente	31							
Forrado respaldo	32							
Forrado piso pasajeros	33							
Forrado de gradas	34							
Forrado respaldo interior	35							
Forrado de faldones	36							
		75	**36**	**3**	**0**	**2**	**1**	

Tabla 14. Diagrama analítico del proceso de producción de Metálicas Pillapa. (Continuación 2)

METÁLICAS PILLAPA		**DIAGRAMA ANALÍTICO**					
		Diagrama Núm.: 2		Hoja: 3/4	Resumen		
		Método	Actual/~~Propuesto~~		Actividad		Actual
Producto	Carrocería de buses	Empieza			Operación	●	114
		Termina			Transporte	➡	6
Operaciones	Forrado exterior, Pintura				Espera	D	1
Lugar	Metálicas Pillapa				Inspección	■	7
Operario (s)	32				Almacenamiento	▲	1
Elaborado por	Oscar Pilla	Fecha			Distancia (m)		160
Aprobado por	Leonardo Pillapa	Fecha					

Descripción	# Act.	Dist. (m)	Símbolo					Obs.
			●	➡	D	■	▲	
		75	**36**	**3**	**0**	**2**	**1**	
Forrado de cabina incluye puertas	37							
Forrado de lados de las bodegas	38							
Montar compuertas de bodegas	39							
Forrado piso de bodegas	40							
Montar guardafangos de tol y estribo	41							
Cuadrar consola	42							
Cuadrar las fibras interiores de la cabina	43							
Inspección	3							
Colocar aislante acústico y térmico	44							
Área de Pintura								
Transportar estructura forrada al área de pintura	4	20						
Pulir el exceso de soldadura	45							
Ahogar el frente y respaldo con el techo	46							
Sopletear la estructura	47							
Preparación de: frente, respaldo, techo, cabina y faldones	48							
Lijar masilla	49							
Limpiar y desengrasar carrocería externa	50							
Pegar cauchos	51							
Preparar elementos de fibra u tol que van al interior de la carrocería	52							
Preparar consola, forro de ventana tras de la puerta de pasajeros	53							
Preparar elementos que van al exterior de la carrocería	54							
Preparar forros de fibra de: puerta de pasajeros y de cabina, forro de lado del chofer	55							
		95	**55**	**4**	**0**	**3**	**1**	

Tabla 14. Diagrama analítico del proceso de producción de Metálicas Pillapa. (Continuación 3)

METÁLICAS PILLAPA		**DIAGRAMA ANALÍTICO**					
		Diagrama Núm.: 2	Hoja: 4/4	Resumen			
		Método	Actual/~~Propuesto~~	Actividad			Actual
Producto	Carrocería de buses	Empieza		Operación	●		114
		Termina		Transporte	➡		6
Operaciones	Pintura, Forrado interior			Espera	D		1
Lugar	Metálicas Pillapa			Inspección	■		7
Operario (s)	32			Almacenamiento	▲		1
Elaborado por	Oscar Pilla	Fecha		Distancia (m)			160
Aprobado por	Leonardo Pillapa	Fecha					

Descripción	# Act.	Dist. (m)	Símbolo					Obs.
			●	➡	D	■	▲	
		95	**55**	**4**	**0**	**3**	**1**	
Pintar elementos de fibra y tol que van al interior y exterior de la carrocería	56							
Inspección	4							
Aplicar fondo de anclaje	57							
Aplicar de fondo de relleno	58							
Lijar fondo	59							
Preparar pintura	60							
Aplicar pintura	61							
Aplicar barniz	62							
Secado	1							
Inspección	4							
Pintado bajo el bus y bodegas	63							
Área de forrado interior								
Transportar unidad pintada al área de acabados	5	35						
Instalar cableado eléctrico	64							
Montar forros centrales del techo interior	65							
Montar forros de los costados del techo interior	66							
Colocar cercos de claraboyas	67							
Montar tapa tubos	68							
Tapizado de piso	69							
Tapizado de cabina y piso de chofer	70							
Instalar filo de gradas	71							
Montar consola	72							
Instalar vidrios y sellar	73							
Instalar y sellar vidrios para cabina y puerta de cabina	74							
Total		**130**	**74**	**5**	**1**	**5**	**1**	

Tabla 14. Diagrama analítico del proceso de producción de Metálicas Pillapa. (Continuación 4)

METÁLICAS PILLAPA		**DIAGRAMA ANALÍTICO**					
		Diagrama Núm.: 2	Hoja: 4/4	Resumen			
		Método	Actual/~~Propuesto~~	Actividad			Actual
Producto	Carrocería de buses	Empieza		Operación	●		114
		Termina		Transporte	➡		6
Operaciones	Pintura, Forrado interior			Espera	D		1
Lugar	Metálicas Pillapa			Inspección	■		7
Operario (s)	32			Almacenamiento	▲		1
Elaborado por	Oscar Pilla	Fecha		Distancia (m)			160
Aprobado por	Leonardo Pillapa	Fecha					

Descripción	# Act.	Dist. (m)	Símbolo					Obs.
			●	➡	D	■	▲	
		130	**74**	**5**	**1**	**5**	**1**	
Perforar para instalar luces cucuyas en los costados	75							
Armar puerta y marco de cabina	76							
Montar parabrisas posterior	77							
Inspección	6							
Área de acabados								
Montar canastillas	78							
Montar asientos	79							
Montar puerta chofer, mecanismos y tapas	80							
Montar parabrisas delantero	81							
Armado de retrovisores	82							
Montar faros delanteros y neblineros	83							
Instalar luces medias de costado y de stop	84							
Montar faros posteriores y guías direccionales de arriba	85							
Instalar luces del pasillo	86							
Sellar vidrios, luces y parabrisas	87							
Instalar caucho en las puertas de bodegas y pasar cables de luces en las bodegas	88							
Montar portamaletas y mecanismos de llanta de emergencia	89							
Instalar bloqueos en puertas de bodegas	90							
Forrado de guardafangos	91							
Montar T. V	92							
Montar antena de radio y T. V	93							
Montar parlantes de la cabina del chofer	94							
Ensamblar tablero	95							
Total		**130**	**95**	**5**	**1**	**6**	**1**	

Tabla 14. Diagrama analítico del proceso de producción de Metálicas Pillapa. (Continuación 5)

METÁLICAS PILLAPA		**DIAGRAMA ANALÍTICO**					
		Diagrama Núm.: 2		Hoja: 4/4	Resumen		
		Método	Actual/~~Propuesto~~		Actividad		Actual
Producto	Carrocería de buses	Empieza			Operación	●	114
		Termina			Transporte	➡	6
Operaciones	Pintura, Forrado interior				Espera	D	1
Lugar	Metálicas Pillapa				Inspección	■	7
Operario (s)	32				Almacenamiento	▲	1
Elaborado por	Oscar Pilla	Fecha			Distancia (m)		160
Aprobado por	Leonardo Pillapa	Fecha					

Descripción	# Act.	Dist. (m)	Símbolo					Obs.
			●	➡	D	■	▲	
		130	**95**	**5**	**1**	**6**	**1**	
Construir e instalar caja para DVD	96							
Montar basurero	97							
Montar instrumentos de control incluido pantalla de cámara posterior	98							
Instalar válvulas para abrir y cerrar todas las puertas	99							
Instalar interruptores de todas las luces	100							
Montar asiento del chofer y del controlador	101							
Instalar piola, sujetadores incluye cortinas	102							
Instalar martillos rompe vidrios	103							
Montaje del retrovisor interno	104							
Luces de la cabina del chofer incluido la del estribo	105							
Colocar número de asientos	106							
Instalar cámaras	107							
Conectar radio y televisión	108							
Instalar la alarma	109							
Colocar botiquín	110							
Inspección	7							
Limpieza de la unidad	111							
Entrega de la unidad al cliente								
Transportar unidad al área de recepción y entrega	6	30						
Prueba de los sistemas de la unidad	112							
Alistar unidad para la entrega	113							
Entrega del bus al cliente	114							
Total		**160**	**114**	**6**	**1**	**7**	**1**	

4.1.10. Problemas que se presentan en el proceso productivo

Metálicas Pillapa al ser una empresa reconocida a nivel nacional no está libre de generar fallos en sus procesos y ser detectada y corregidas a tiempo. Para ello se realiza una investigación a través de una de las herramientas (encuesta, entrevista), que ayuden a corroborar lo que está presente dentro de los procesos de toda industria.

Entrevista

Se realiza la entrevista al gerente propietario de Metálicas Pillapa durante el mes de agosto con el fin de obtener la información relacionado a los inconvenientes presentes en la fabricación de carrocerías. En el anexo 2 se indica el modelo de la entrevista con sus respectivas contestaciones.

A continuación, se analizará los resultados que se obtuvo al aplicar la entrevista.

Interpretación de la entrevista

Metálicas Pillapa actualmente se encuentra en un punto donde sus productos tienen una serie de fallas que se evidencia cuando el producto está en funcionamiento o simplemente en el momento que se realiza las inspecciones, entre ellas se destacan filtraciones de agua, pisos mal pegados, puertas descentradas, entre otros, estos problemas generan molestias a los clientes y aumenta los costos de no calidad.

Al buscar información para conocer en qué lugares se realizan las inspecciones de calidad, revelan que se realiza al final de cada proceso a partir de un lista de chequeo realizado por asesores externos basándose en la Norma Técnica INEN 043 en la cual se detalla varias características de los procesos que posteriormente son inspeccionados y verificados para su respectiva validación, la mayor parte de la inspección es visual, también se realiza una verificación de medidas respecto al plano de la carrocería.

La empresa no cuenta con controles de fallas: ya sea para verifica el grado de adherencia que tiene la pintura en la carrocería, pruebas de tintas penetrantes para comprobar la calidad de la soldadura o sistemas poka yoke, así como otros tipos de herramientas que pueden ayudar a realizar dicho trabajo como el Análisis de Modo y Efecto de Falla, Pareto primer y segundo nivel, control estadístico de procesos entre otros, dichas herramientas podrían ayudar a detectar de manera oportuna y eficiente las fallas ocasionadas en el proceso productivo.

Las fallas en el producto a lo largo de la línea de producción existen y es necesario aplicar una adecuada metodología para poder controlarlas y eliminarlas y de esta manera generar productos de calidad para los clientes, en el mercado actual existe competencia no solo nacional sino extranjera lo cual induce de manera obligatoria a fabricar carrocerías con un alto grado de calidad.

4.1.11. Historial de fallas del proceso productivo

Mediante las observaciones del modelo de carrocería ALFA7, se recopila la información de las diferentes fallas existentes hasta la fecha dentro de las diferentes áreas de producción, en la siguiente Tabla 15, se muestra el listado de estas, para lo cual, se aplica las fichas de inspección (ver anexo 3), con el objetivo de obtener el tipo y número de defectos presentes en el producto, determinándose los siguientes:

Tabla 15. Defectos hallados dentro del proceso de fabricado de carrocería

Proceso	Zonas de inspección	Tipo de defecto
Armado de Estructura	– Placas de anclaje – Escuadras de estructura – Estructura de piso – Lateral izquierdo – Lateral derecho – Bodega derecha – Bodega izquierda – Estructura de techo – Estructura de frente – Estructura de respaldo	Perno de sujeción mal colocados Mal diseño Porosidades Falta de penetración Mala calidad del cordón Exceso de penetración Mala alineación Uniones mal soldadas Grietas Dimensiones incorrectas Fisuras
Forrado de estructura	– Forrado de techo – Forrado de lateral derecho – Forrado de lateral izquierdo – Forrado de faldón derecho – Forrado de faldón izquierdo – Forrado de frente – Forrado de respaldo – Forrado de respaldo interno – Forrado de bodegas – Armado de compuertas – Forrado de piso	Mala aplicación de Sikaflex Mal ahogado con fibra Fibra de vidrio mal instalado Mal Templado Arrugado de tol Marcas de pulido Arrugado de tol Fibra de vidrio rota Manchas de Sikaflex Mala alineación Dimensiones incorrectas Uniones incorrectas Mala soldadura de uniones

Tabla 15. Defectos hallados dentro del proceso de fabricado de carrocería. (Continuación 1)

Proceso	Zonas de inspección	Tipo de defecto
Pintado de carrocería	– Revestimiento de techo – Revestimiento respaldo – Revestimiento frente – Revestimiento lateral derecho – Revestimiento lateral izquierdo – Revestimiento exterior compuertas	Contaminación con partículas Brillo no uniforme Chorreado Marca de lija Mal lijado de superficie Mala aplicación de pintura
Pintado de carrocería	– Revestimiento interior compuertas – Revestimiento interior bodegas – Revestimiento anticorrosivo bajo el bus	Chorreado Contaminación con partículas Porosidades Mala aplicación de pintura Falta de cubertura total
Acabados	– Techo – Canastillas – Tapiz piso – Asientos salón y cabina – Cortinas – Consola y tablero – Ventanas, Parabrisas, Retrovisores – Señal ética, logos	Manchas de pega Rayaduras Instalación inadecuada Elementos dañados o rotos
Acabados	– Sistema de audio y video – Luces salón y cabina – Luces exteriores – Sistema limpia parabrisas	Manchas de Sikaflex Manchas de sellante Manchas de pintura Inadecuada limpieza Instalación inadecuada Elementos dañados o rotos Funcionamiento intermitente
	– Sistema neumático	Fuga de aire Elementos dañados o rotos Instalación inadecuada Funcionamiento

NOTA: En el anexo 19, se identifica los defectos en los procesos de fabricación de carrocerías.

4.2. Aplicación de la metodología Seis Sigma

4.3. Etapa definir

4.3.1. Definición del problema

Existen fallas en el proceso de producción de las carrocerías en la empresa Metálicas Pillapa objeto de estudio, ya que hay varios productos fuera de los límites de especificación exigido por los clientes internos y externos.

La detección de fallas por parte del cliente ha ocasionado, además de quejas, reclamos y en general insatisfacción, gastos adicionales en reparaciones, materia prima y en restos de producto rechazado por problemas de calidad.

4.3.2. Identificación de los procesos crítico

Actualmente metálicas Pillapa, se ha visto afectada por la falta de control en sus procesos, lo que genera no conformidades dentro de sus clientes internos, razón por la que se hace necesario prestar atención en procesos relevantes.

Con la información obtenida en el anexo 8, se procede a realiza un diagrama de Pareto para identificar los procesos críticos, los mismo que presentan mayor número de defectos o fallas, misma se convierte en oportunidades de mejora según la metodología seis sigmas.

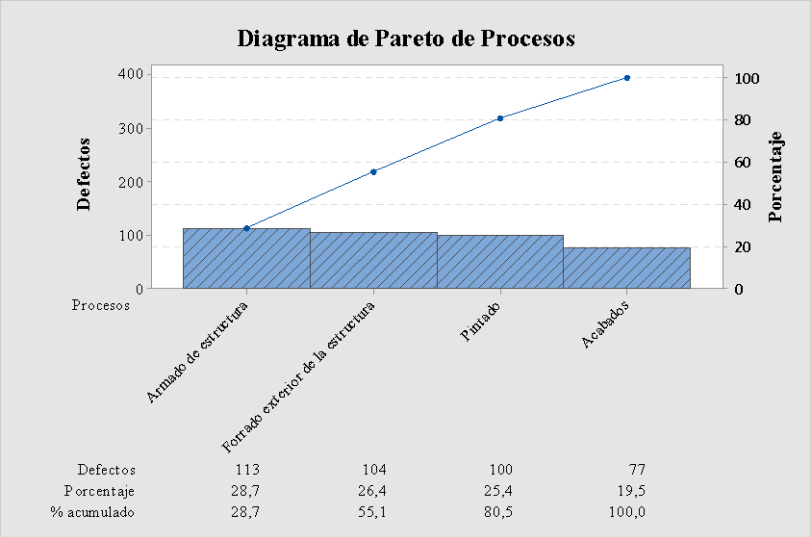


Fig. 45. Pareto de defectos de los procesos de fabricación

De la Figura 45, el problema principal se debe en su mayor parte al proceso de armado de estructura y forrado exterior ya que representa 55,1% del total de los defectos, este

porcentaje indica que los procesos que se realizan en la línea de producción son los más críticos, por lo que se debe centrar sus esfuerzos para dar solución a las causas que las ocasionan. Para un análisis más objetivo se realiza un Pareto de segundo nivel considerando la ubicación de los defectos en los paneles de la carrocería.

Identificación de las causas potenciales para los procesos críticos

Armado de estructura

La Figura 46, se observa que el problema de armado de estructura se presenta principalmente en la estructura de frente y respaldo, por lo tanto, los defectos que ocasionan que el proceso de armado de estructura sea un crítico en la línea de producción, se debe exclusivamente en los subprocesos de armado de frente y respaldo.

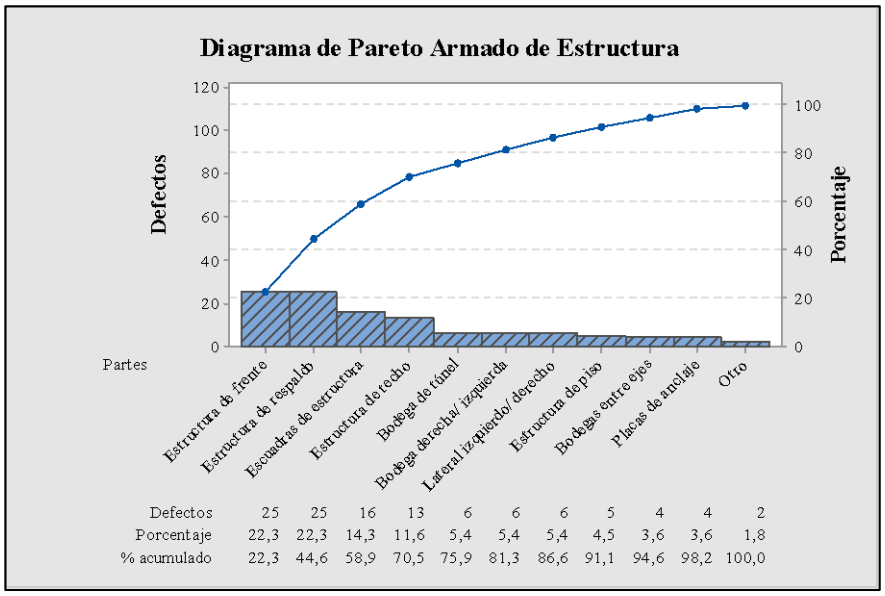


Fig. 46. Diagrama de Pareto para identificación de las oportunidades de defecto en el proceso de Armado de Estructura

Forrado Exterior de la estructura

En la Figura 47, se observa que el problema de forrado exterior se presenta principalmente en el forrado de frente y forrado lateral derecho/izquierdo, por lo tanto, los defectos que ocasionan que el proceso de forrado exterior sea uno más de los críticos en la línea de producción, se debe exclusivamente en los subprocesos de forrado de frente y forrado lateral derecho/izquierdo.

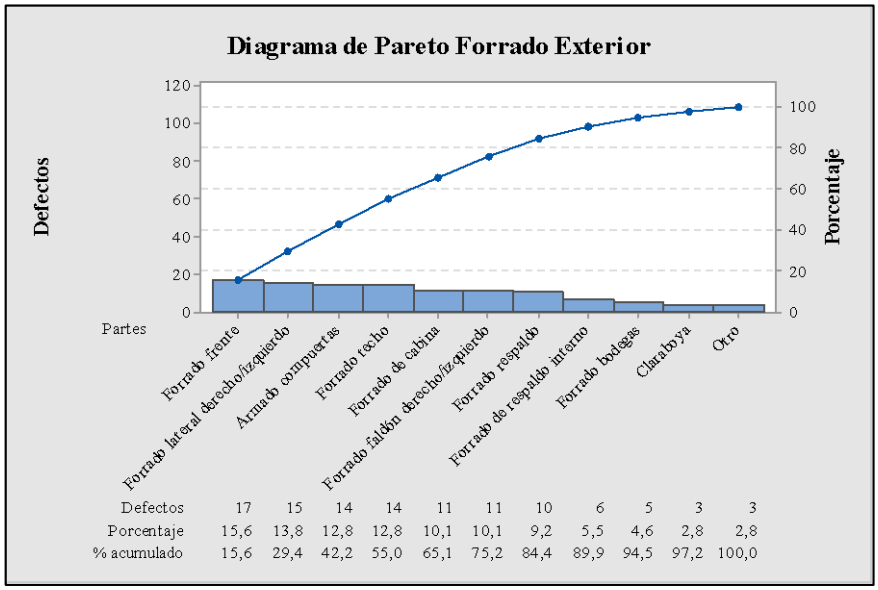


Fig. 47. Diagrama de Pareto para identificación de las oportunidades de defecto en el proceso de Forrado Exterior

4.3.3. Identificación de los clientes

Las empresas que tiene un lugar dentro del mercado nacional, cuentan con diversos clientes según su frecuencia, su volumen de compra, activos, inactivos, satisfechos e insatisfechos; por lo tanto, las empresas actualmente orientan todos sus esfuerzos al tipo de cliente según sus necesidades y expectativas.

Para la presente investigación se ha identificado a dos tipos de clientes; internos (operarios del proceso de fabricación) y externos (consumidor), por consiguiente, estos dos tipos de clientes no son iguales y la empresa debe adaptarse y entender sus necesidades. En la Tabla 16, se clasifica a los dos tipos de clientes

Tabla 16. Descripción de los clientes

CLIENTES INTERNOS	
Proceso	**Clientes (operarios del proceso de fabricación)**
Recepción del chasis	Encargado de preparación
Armado de estructura	Operarios de estructura
Forrado exterior	Operarios de forrado
Pintado	Operarios de pintura
Forrado interior	Operarios de forrado interior
Acabados	Operarios de acabados
Inspección	Jefe de producción
CLIENTES EXTERNOS	
Tipo	**Detalle**
Cliente final	Producto final

4.3.4. Voz del cliente (VOC)

La voz del cliente permite determinar las necesidades y requisitos de los clientes, gracias a la ayuda de los sistemas proactivos como es la entrevistas, cuestionarios y sistemas reactivos como son las quejas, garantías y reclamos.

En la Tabla 17, se presenta los requisitos que se obtienen por parte del investigador para alcanzar una carrocería de calidad:

Tabla 17. Requisitos de los clientes internos y externos

Requisitos	
Clientes externos:	**Clientes internos**
– Entrega a tiempo – Entrega completa – Terminado superficial – Coordinación entre personal y gerencia – Garantía del producto – Certificaciones nacionales e internacionales	– Materiales fácilmente maquinable. – Alineación de piezas. – Dimensiones correctas. – Piezas perfectamente cuadradas. – Superficies regulares. – Salpicaduras/ Proyección – Soldadura sin porosidades – Buen ahogado con fibra – Templado del tol.

4.3.5. Diagrama de Kano

El objetivo de esta herramienta es determinar a partir de los requisitos del cliente obtenidos en del método VOC. Para lo cual se empleó un cuestionario al personal de la empresa clientes internos (39) (ver anexo 4) y clientes externos (12) (ver anexo 5)**,** con el objetivo de obtener los requerimientos de los clientes interno y externos a la empresa. En la Tabla 18, se muestra la clasificación de los requerimientos según los resultados arrojados por los encuestados.

Tabla 18. Requisitos de clientes internos externos

REQUISITOS DE LOS CLIENTES INTERNOS Y EXTERNO
Clientes internos - área de armado de estructura
Dimensiones adecuadas Piezas colocadas correctamente Porosidades en los puntos de suelda Alineación
Clientes internos - área de forrado
Superficie regular Salpicadura/ Proyección Ahogado con fibra Templado Terminado superficial

Clientes externos
Entrega a tiempo de la carrocería
La carrocería cuenta con garantía
Las carrocerías cuentan con certificaciones

Una vez realizado la distribución y clasificación de los requerimientos de los clientes internos y externos a la empresa (ver anexo 6), es posible la toma de decisiones para incorporar calidad en los productos. Sin embargo, la riqueza de la clasificación de los datos del cuestionario permite realizar un análisis de datos un poco más detallado.

4.3.6. Identificación de los CTQ's

Los CTQ's (Critical to Quality) o críticos para la calidad, ayuda a traducir los requisitos del cliente ya sean internos y externos generales en requisitos particulares, específicos y medibles. El propósito de esta herramienta es determinar los objetivos del proyecto. Para este caso se utiliza como herramienta para identificar las características de calidad CTQ's el diagrama de árbol como se indica continuación.

Tabla 19. Árbol de CTQ's del proyecto

CTQ's (Critical to Quality)		
Interno		
VOC	**Parámetro clave**	**CTQ's**
Estructura		
Dimensiones adecuadas	Longitudes mayores/menores	Defectos
Piezas colocadas correctamente	Piezas grandes/pequeñas	Defecto
Porosidades en los puntos de suelda	Calidad de suelda	Defecto
Alineación	Desalineadas	Defecto
Forrado		
Superficies regulares	Irregularidades	Defecto
Salpicaduras/ Proyecciones de soldadura	Calidad de suelda	Defecto
Ahogado con fibra	Fisuras	Defecto
Templado	Olas	Defecto
Terminado de superficie	Marcas	Defecto
Exterior		
Entrega a tiempo del proceso anterior	Demora	Tiempo
Entrega completa del proceso anterior	Incompleto	Defectos
Elementos de trabajo en óptimas condiciones	Defectuoso	Defectos
Terminado de la superficie se encuentra perfectamente lijada y limpia	Marca de lijas Chorreado	Defectos Defectos

De acuerdo a la información de la Tabla 19, se tiene una serie de aspectos que son de interés para los clientes y que están asociados indirecta o directamente con la calidad, por consiguiente, los parámetros de evaluación para medir la eficiencia del proyecto denominados CTQ´s serán por un lado la calidad y por otro la satisfacción del cliente cómo se indica en la Figura 48.

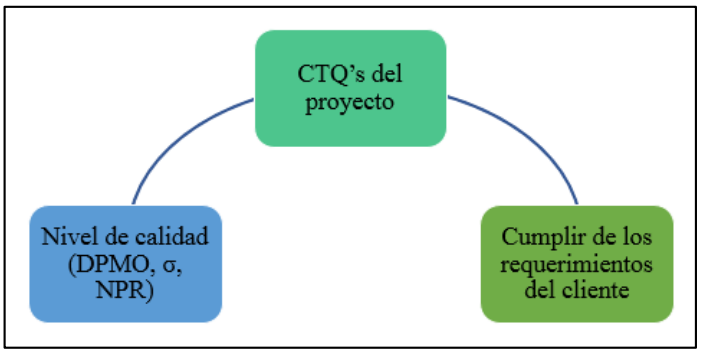


Fig. 48. CTQ's del proyecto

4.3.7. Declaración de variables

En base a los CTQ's identificados a partir de las herramientas VOC y el diagrama de Kano son las siguientes:

- X: Nivel de la calidad (DPMO, σ, NPR).
- Y: Satisfacción de los clientes internos y externos.

Las variables de satisfacción Y respectivamente, se pueden establecer como una sola variable que mida la satisfacción general del servicio prestado. Por tanto, el nivel de la calidad X incide en la satisfacción de los clientes internos y externos Y.

4.3.8. Diagrama SIPOC

El SIPOC (Supplier-Inputs-Process-Outputs-Customer), es un mapa de alto nivel cuyo objetivo es delimitar el alcance del proyecto además de identificar las X's iniciales que afectan el cumplimiento de los requisitos propuestos por los clientes. En Metálica Pillapa se debe considerar que existen un total de siete procesos y que cada uno de ellos tienen sus propios proveedores, entradas, salidas y clientes que se indican en el diagrama SIPOC.

En la Figura 49, se presenta el SIPOC del proceso de fabricación de carrocerías.

Proceso: Fabricación de carrocería

	(S) PROVEEDOR		(I) ENTRADAS						(P) PROCESO	(O) SALIDAS	(C) CLIENTE	
Actividad	Externo	Interno	Mano de obra	Materia Prima	Maquinaria o Herramienta	Método	Cantidad	Descrip.			Externo	Interno
Recepción de chasis	Concesionario	Dpto. de producción	Ing. De calidad		Hojas de chequeo		1	Experiencia 1año	Proceso visualizar en el Anexo 1	Chasis revisado		Área de armado de estructura Dpto. de producción
Armado de estructura	Proveedor de tubería galvanizada, electrodos	Dpto. de producción	Soldadores	Tubos, perfiles, electrodos	Soldadora, Plasma, Flexómetro, escudaras, sierras	Ordenes de trabajo	8	Manejo de soldadora		Armado de estructura		Área de forrado, Dpto. de producción
Forrado exterior	Proveedor de tol, aluminio corrugado, pega sikaflex, fibra, hiercol, claraboyas	Área de fibra, Área de armado de estructura, Dpto. de producción	Personal de forrado	Tol, Sikaflex, tornillos, electrodos, fibras exteriores	Pistola neumática para sellador sika, Compresor, Soldadora, Prensas	Ordenes de trabajo	7	Experiencia medio año		Forrado exterior		Área de pintura, Dpto. de producción
Pintado	Proveedor de pintura	Área de forrado, Dpto. de producción	Personal de pintura	Pintura, Masilla, Secante	Pulgadas lijadora, Amoladora, Filtros, Pistola de pintar, Compresor	Ordenes de trabajo	5	Experiencia 1 año para realizar el pintado de la carrocería		Carrocería pintada		Área de acabados, Dpto. de producción
Forrado interior	Proveedor de fibras del techo, moqueta, pega, sikaflex	Área de pintura, Área de fibra, Dpto. de producción	Personal de forrado	Forros de fibra, Moqueta, Consola, Tablero, sikaflex, Autoperforantes	Flexómetro, Amoladora pequeña, Pistola de sikaflex, Pistola de aire, Compresor	Orden de trabajo	6	Experiencia 1 año		Carrocería forrada		Área de acabados, Dpto. de producción
Acabado	Proveedores de vidrios, Faros, Luces, Asientos, Tubería, Cables, Parlantes, TV, Radio, Interruptores, Pistones y válvulas neumáticas, Cámara, Pantallas	Área de fibra, Dpto. de producción	Personal de acabados	Elementos de fibra, vidrios, Faros, Luces, Asientos, Tubería, Cables, Parlantes, TV, Radio, Interruptores, Pistones y válvulas neumáticas, Cámara, Pantallas, Sikaflex, Tornillos, Pernos	Flexómetro, Amoladora pequeña, Pistola de sikaflex, Pistola de aire, Compresor, Teipe, Cablematic, Cúter	Orden de trabajo	10	Experiencia 1 año para las instalaciones eléctricas y neumáticas		Carrocería terminada	Cliente final	Área de recepción, Dpto. de producción

Fig. 49. SIPOC del proceso de fabricación de carrocería

4.3.9. Carta del proyecto (Project Charter)

La carta del proyecto es el entregable al final de la etapa definir. En la Tabla 20, se muestra la carta del proyecto del proyecto seis sigmas.

Tabla 20. Carta del proyecto

Nombre del proyecto	**MEJORA DE CALIDAD EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS APLICANDO LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN LA EMPRESA METÁLICAS PILLAPA**	
	Fecha: 13-Octubre	Versión: 1.0
Necesidades del negocio a ser atendidas:		
Los defectos/fallas en las carrocerías son las quejas principales de los clientes tanto interno como externo. La falta de capacitación y la mala comunicación son unas de las causas para la aparición de defecto entre procesos y el producto final. Cuando se tiene productos con defectos/fallas, la consecuencia típica ha sido pagar tiempo extra para cumplir con las reparaciones del producto. Si se reducen el número de defectos/fallas de las carrocerías se reduce gastos de tiempo extra y es posible mejorar la satisfacción del cliente ya sea interno o externo disminuyendo el tiempo de entrega.		
Declaración del problema:		
Los defectos/fallas de las carrocerías se define como los defectos/fallas surgidas desde que el chasis ingresa al área de recepción hasta que la carrocería es entregada al cliente. En la actualidad, estos defectos/fallas en los procesos para los clientes internos ha ocasionado, además de quejas, reclamos y en general insatisfacción, gastos adicionales en reparaciones, materia prima y en restos de producto rechazado por problemas de calidad.		
Objetivo:		
Reducir los defectos/fallas de las carrocerías mejorando el nivel calidad		
Alcance:		
La implementación de la Metodología Seis Sigma se realizará con base en el seguimiento de la herramienta DMAIC en la producción de la empresa Metálicas Pillapa, teniendo como parámetros de interés la minimización de los defectos y la maximización de la satisfacción de los clientes.		
Roles y responsabilidades.		
Propietarios: Departamentos de producción		
Patrocinador: Sr. Jorge Pillapa (Propietario)		

Líder del proyecto: Sr. Oscar Pilla			
Equipo:			
Nivel jerárquico	**Cargo**	**Fase DMAIC**	**Funciones y responsabilidades**
-	Investigador	Definir Medir Analizar Mejorar Controlar (responsable de diseño)	Encargado del diseño de la metodología Seis Sigma aplicada al mejoramiento de la calidad. - Diseñar la metodología Seis Sigma, mediante seguimiento de la herramienta DMAIC y con base en el estudio de la situación actual. - Capacitar a los otros miembros del equipo de trabajo acerca de la implementación y cumplimiento de la Metodología Seis Sigma.
Jefe de taller	Supervisor de calidad	Medir Analizar Mejorar Controlar (responsable de implementación)	Encargado principal del cumplimiento y seguimiento de los parámetros de la metodología Seis Sigma aplicada al mejoramiento de la calidad. - Realizar las acciones pertinentes para la fiel implementación de la metodología Seis Sigma. - Controlar el cumplimiento por parte de sus subordinados de los parámetros de interés en cuanto a la calidad. -Llevar los registros de las acciones realizadas y enviar reportes a gerencia general de manera periódica.
Producción	Operarios de: -Recepción del chasis -Estructura -Forrado exterior -Pintura -Forrado interior -Acabados	Medir Analizar Mejorar Controlar (Participantes)	Participante en el cumplimiento de los parámetros establecidos por la metodología Seis Sigma. - Acatar las disposiciones dispuestas por su jefe inmediato para dar cumplimiento a los requerimientos. - Informar oportunamente al supervisor de producción acerca de cualquier anomalía en el desarrollo de los procesos de producción y sus elementos.
Recursos:			
Información técnica (Producción) y base de datos disponible Software de análisis estadístico (Excel, Minitab)			

Métricas:		
Defectos/Fallas de la carrocería, Porcentaje de quejas internas/externas.		
Fecha de inicio del proyecto: 10-octubre-2018		
Fecha planeada para finalizar el proyecto: 10-febrero-2019.		
Aprobación del proyecto:		
Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
_____ Sr. Oscar Pilla	_____ Tnlgo. Leonardo Pillapa	_____ Tnlgo. Leonardo Pillapa

4.4. Etapa medir

4.4.1. Medir y recopilar datos

Esta fase se enfoca en entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto, asimismo, se estable con mayor detalle las métricas que se evaluaran y el sistema de medición para garantizar que las métricas puedan medirse en forma consiente. Esta fase es importante porque permite medir la situación actual para clarificar el punto de arranque del proyecto.

4.4.2. Mapa de proceso de fabricación de carrocerías

Como se apreciar en la Figura 11, el proceso de fabricación de carrocerías se desarrolla fundamentalmente de seis etapas que son:

- **Recepción del chasis**. – Proceso donde se inspecciona el chasis y se realiza la orden de producción
- **Armado de estructura**. – Proceso donde se realiza el armado estructural de la carrocería.
- **Forrado exterior**. – Proceso donde se realiza el forrado exterior de la estructura
- **Pintura**. – Proceso donde se realiza el preparado y pintado de la carrocería
- **Forrado interior**. – Proceso donde se realiza el forrado interior de la unidad
- **Acabados**. – Proceso donde se realiza el montaje de partes y piezas faltantes en la unidad para su finalización en la línea de producción.

Cabe mencionar que los iconos de mejora y de demora permiten encontrar posibilidades de mejora dentro del proceso productivo.

4.4.3. Identificacion de la medición y variación

Según el punto de vista de Six Sigma la etapa medir persigue dos objetivos fundamentales:

- Tomar datos para validar y cuantificar el problema o la oportunidad, esta es una información crítica para refinar y completar el desarrollo del plan de mejora.
- Permite y facilita la identificación de las causas reales del problema.

En cambio la variación representa el cambio o alteración de una determinada medición con respecto a una medición base, la variación está presente en todo proceso debido a una combinación de equipos, materiales, ambiente, operador e incluso las actividades de inspección. Las variables a medir para el desarrollo de programa son: el nivel de calidad mediante la métrica DPMO, el nivel de Sigma y el cumplimiento de los requisitos del cliente. A continuación, en la Figura 50 se representa los datos a obtener.

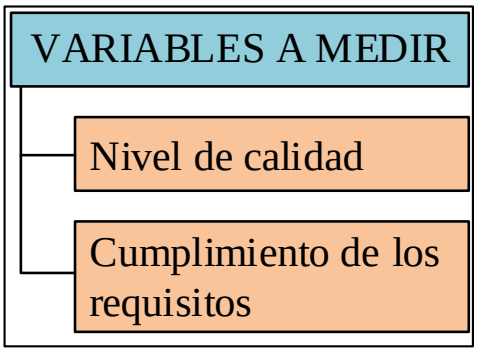


Fig. 50. Variables a medir en los procesos de Metalicas Pillapa

4.4.4. Cálculo del nivel de calidad Seis Sigma

En la Tabla 21, se presenta el número de unidades producidas en el tiempo que se realiza las inspecciones de las áreas del proceso, como también los defectos encontrados en cada una de ellas, en el anexo 9 se encuentra en detalle cada elemento inspeccionados y medidos para nuestro estudio.

Tabla 21. Detalle de la muestra para la identificación y cuantificación de los defectos

MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD			
	PROCESO	**UNIDADES PRODUCIDAS**	**NUMERO DE OPORTUNIDADES**
ALFA 7	Armado de estructura	113	11
	Forrado exterior de la estructura	104	11
	Pintado	100	14
	Acabados	77	17

Mediante la identificación de los distintos defectos en las áreas de producción (armado de estructura, forrado exterior, pintura, acabados) indican el número de defectos y oportunidades que descifran la métrica DMPO de acuerdo con el proceso estudiado. La métrica DPMO asume valores distintos de niveles sigma, tomando como referencia la tabla del anexo 18 que indica el nivel sigma dependiendo del valor de la métrica DPMO. Pero al tener valores intermedios es necesario realizar una interpolación como indica la metodología de la obtención de la métrica DPMO. A continuación, se muestra un ejemplo de las observaciones en las áreas de armado de estructura, forrado exterior, pintura y acabados.

Ejemplo de cálculo de la métrica DPMO y la eficiencia Yield

De los datos obtenidos en el segundo proceso de la línea de producción correspondiente al armado de estructura (ver anexo 7) se procede a realizar el cálculo respectivo:

Numero de defectos, unidades y oportunidades

Numero de defectos= 104 Unidades=12 Oportunidades de mejora=11

Métrica DPMO y Yield

Aplicando la ecuación 1 y 1.1:

$$\mathrm{DPMO} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{UxO}} \mathrm{x}1'000000 \qquad \mathrm{Y}_{ield} = \left(1 - \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{UxO}}\right) * 100$$

$$\mathrm{DPMO} = \frac{113}{12\mathrm{x}11} \mathrm{x}1'000000 \qquad \mathrm{Y}_{\mathrm{ield}} = \left(1 - \frac{113}{12\mathrm{x}11}\right) * 100$$

$$\mathbf{DPMO = 856060,60} \qquad \mathbf{Y_{FT} = 14,39\%}$$

Ejemplo de cálculo sigma a partir de la interpolación

La interpolación se obtiene a partir de datos obtenidos de la tabla del anexo 18 y el valor DPMO del proceso, de acuerdo a la tabla del anexo 18 indica un Yield para el forrado exterior.

Métrica sigma Forrado exterior

Los valores entre los que se encuentra Yield son

X=14,39%; xa=15,9%; xb=13,6%; ya=0,5; yb=0,4.

Aplicando la ecuación 6:

$$Y = ya + (X - xa)\frac{(yb - ya)}{(xb - xa)}$$

$$Y = 0{,}8 + \left((21{,}21 - 24{,}2)\frac{(0{,}7 - 0{,}8)}{(21{,}2 - 24{,}2)}\right)$$

$$Y = 0{,}8 - 0{,}099$$

$$\mathbf{Y = 0,7}$$

El valor sigma obtenido del proceso varía según el número de defectos obtenidos, por lo que, es necesario verificar el nivel sigma de cada proceso. De acuerdo a nuestro estudio, es importante que se realizar una evaluación del nivel de calidad sigma, indicando que existe niveles bajos de calidad en los procesos por causa de factores internos (maquina, mano de obra, materiales, métodos, medio ambiente y medición).

Tabla 22. Mediciones de nivel de calidad sigma

	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**REGISTRO DE MEDICIONES DEL NIVEL DE CALIDAD SIGMA**	**Código:** RMNCS-MP-01
		Versión: 00
		Páginas: 01 / 01

Proceso	Número de unidades	Número de efectos	Numero de oportunidades	Total de oportunidades	Dpmo	Nivel sigma
Armado de estructura	12	113	11	121	856060,60	0,44
Forrado exterior de la estructura	12	104	11	121	787878,78	0,70
Pintado	12	100	14	168	595238,09	1,26
Acabados	12	77	17	204	377450,98	1,81
Promedio total	12	98,5	13,25	153,5	619496,85	1,20σ

Elaborado por: Oscar Pilla **Cargo:** Investigador	**Revisado por:** Ing. Ana Pilco **Cargo:** Tutor	**Aprobado por:** Tnlg. Leonardo Pillapa **Cargo:** Tutor empresarial

Resumen del nivel sigma

El nivel de cálida sigma indica el número de desviaciones típicas que el proceso puede aceptar para que el producto sea conforme, se indica a continuación.

Tabla 23. Resumen del nivel de calidad sigma

Proceso	Nivel sigma	Rendimiento
Armado de estructura	0,44	14,39%
Forrado exterior de la estructura	0,70	21,21%
Pintado	1,26	40,47%
Acabados	1,81	62,25%
Promedio Total	1,20σ	38,5%

En la Tabla 23, se muestra el nivel de calidad sigma y su rendimiento. Como se observa el nivel sigma fluctúan entre 0,44σ y 1,81σ entre procesos, por otra parte, toda la línea de producción alcanza un nivel sigma de 1,20σ, y un rendimiento global de 38,5%. De acuerdo a los valores sigma obtenido de los procesos lo cual indican valores deficientes según Gutiérrez Pulido en su libro "Calidad total y productividad", por lo tanto, existen problemas en los procesos y se debe implantar la metodología de mejora de calidad para poder corregir los problemas existentes.

4.5. Etapa analizar

En esta tercera etapa del ciclo DMAIC, se efectúa el análisis de los datos obtenidos en la etapa de medición, con el propósito de conocer las causas raíz del problema así somo establecer una capacidad básica de desempeño de los procesos. La información de este análisis proporciona evidencias de las fuentes de variación y el desempeño insatisfactorio de los procesos, las cual son de mucha utilidad para establecer fuentes de mejora para los procesos, y un punto de comparación luego de aplicar la mitología DMAIC nuevamente a los procesos.

4.5.1. Análisis de los factores que originan la aparición de defectos

Diagrama causa-efecto

Par tener una mejor comprensión acerca de los principales factores que originan la aparición de fallas en la fabricación de carrocerías, así como las causas y los efectos que se originan dentro de la cadena de producción, para ello se emplea la herramienta causa-efecto o espina de pescado ya que es una herramienta que permite organizar lógicamente las causas potenciales de un problema o un efecto especifico. En la Figura 51, se presenta el diagrama causa-efecto del proceso de fabricación de carrocería la cual es elaborada a partir de la herramienta brainstorming, se realizaron sesiones con los trabajadores con los conocimientos en la fabricación de carrocerías junto con el jefe de producción, identificando las causas y subcausas que originan la aparición de defectos:

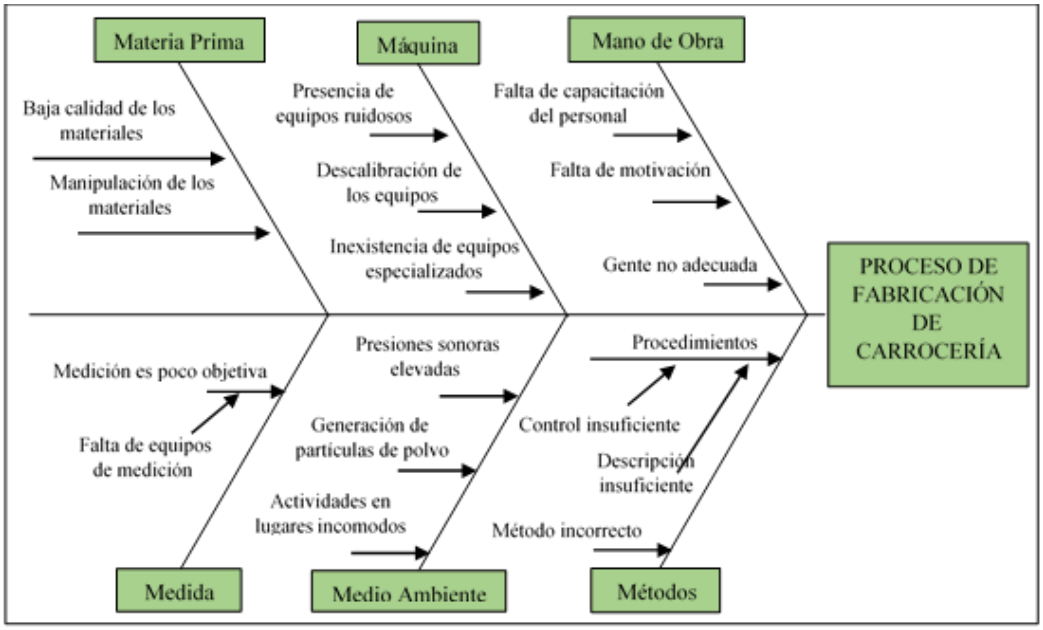


Fig. 51. Diagrama de Ishikawa de las causas-efectos del proceso de fabricación

4.5.2. Matriz causa-efecto

La matriz causa-efecto consisten en una tabla de doble entrada, en la cual en la primera columna se indica las actividades o acciones del proyecto y en cada una de las otras columnas se indica los factores que pueden ser afectados por la acción respectiva. Por lo tanto, esta matriz ayuda a priorizar las posibles causas que afectan a la variable de salida y permite ponderar en base a las CTQ's las causas principales.

Tabla 24. Matriz causa-efecto

MATRIZ CAUSA-EFECTO							
Proceso	Importancia para el cliente	8	9	7	7		
Estructura	**CTQ's relacionadas**	1 **Dimensiones inadecuadas**	2 **Piezas mal cuadradas**	3 **Porosidades**	4 **Alineación**		**TOTAL**
Factor		**Ponderación**					
Materia Prima	Baja calidad de los materiales	0	0	3	0		21
	Manipulación de los materiales	3	3	2	1		72
Máquina	Presencia de equipos ruidosos	1	2	0	1		33
	Descalibración de los equipos	2	2	7	2		97
	Inexistencia de equipos especializados	4	4	2	2		96
Mano de Obra	Falta de capacitación del personal	8	7	8	5		218
	Falta de motivación	6	5	2	4		135
	Gente no adecuada	8	8	4	6		206
Medida	Medición es poco objetiva	3	1	1	2		54
Medio Ambiente	Presiones sonoras elevadas	2	2	1	1		48
	Generación de partículas de polvo	2	1	1	2		46
	Actividades en lugares incomodos	3	2	4	5		105
Método	Procedimientos	7	7	5	6		196
	Métodos incorrectos	7	8	7	5		212
Proceso	**Importancia para el cliente**	8	7	6	8	9	
Forrado	**CTQ's relacionadas**	1 **Superficies irregulares**	2 **Salpicaduras/ Proyecciones**	3 **Ahogado con fibra**	4 **Templado**	5 **Terminado de superficie**	**TOTAL**
Factor		**Ponderación**					
Materia Prima	Baja calidad de los materiales	1	5	6	5	3	146
	Manipulación de los materiales	5	3	3	4	1	120
Máquina	Presencia de equipos ruidosos	1	1	1	1	2	47
	Descalibración de los equipos	2	7	0	2	4	117
	Inexistencia de equipos especializados	4	5	2	5	5	164
Mano de Obra	Falta de capacitación del personal	7	8	7	6	7	265
	Falta de motivación	6	5	6	5	6	213
	Gente no adecuada	8	8	7	7	7	281
Medida	Medición es poco objetiva	4	5	6	3	5	172
Medio Ambiente	Presiones sonoras elevadas	3	2	1	1	2	70
	Generación de partículas de polvo	1	1	3	7	5	134
	Actividades en lugares incomodos	2	6	7	6	5	193
Método	Procedimientos	8	7	8	8	7	288
	Métodos incorrectos	7	8	7	5	7	256

Interpretación de la matriz causa-efecto

Proceso de armado de estructura: En la Tabla 24, se logra identificar que las causas que influyen en la calidad del armado de estructura están directamente relacionadas como la falta de capacitación, los métodos de fabricación y el personal inadecuado al presentar valores altos en la matriz, generando retrasos en la entrega a tiempo o completa de la carrocería al proceso siguiente.

Proceso de forrado exterior: Como se observa en la Tabla 24, la falta de capacitación, personal inadecuado y la falta de procedimientos son las causas principales para obtener elementos defectuosos, ya que presentan los valores más altos de la matriz con 288, 281 y 265 respectivamente.

Diagrama de Pareto del proceso armado de estructura

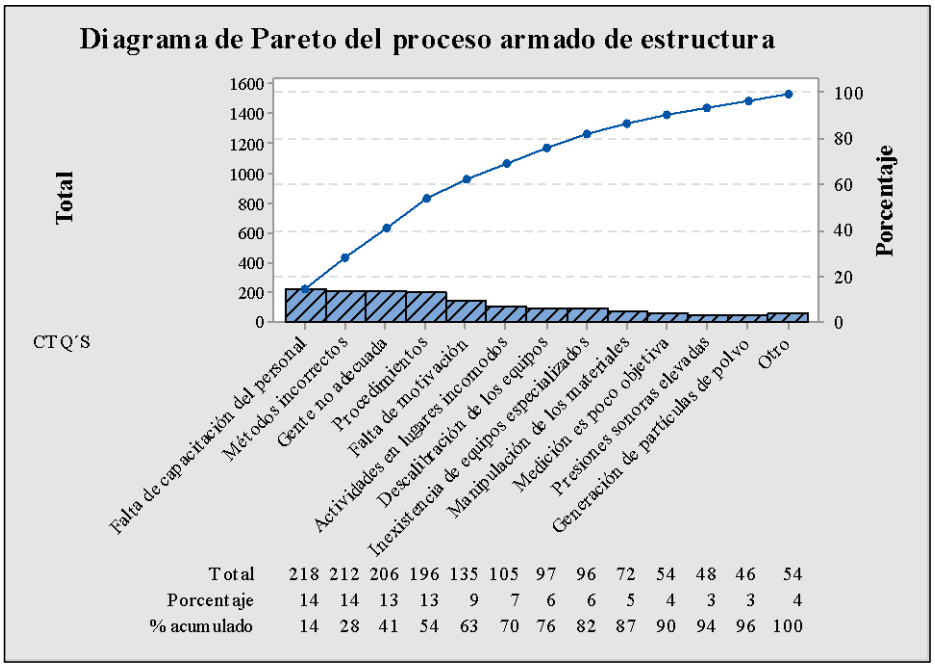


Fig. 52. Diagrama de Pareto de defectos proceso de fabricación armado de estructura

Interpretación de la gráfica

El diagrama de Pareto presenta la existencia de varias causas que requieren ser atacados para elevar la calidad del proceso de producción. De la misma forma nos ayuda a identificar el 20% de causas que debemos atacar para resolver el 80% de oportunidades. Interpretando la gráfica y la experiencia del personal se debe de iniciar con la falta de entrenamiento o capacitación del personal, los métodos incorrectos y

para posterior mente trabajar con el personal no adecuado para realizar el trabajo y finalmente con los demás parámetros.

Diagrama de Pareto del proceso de forrado exterior

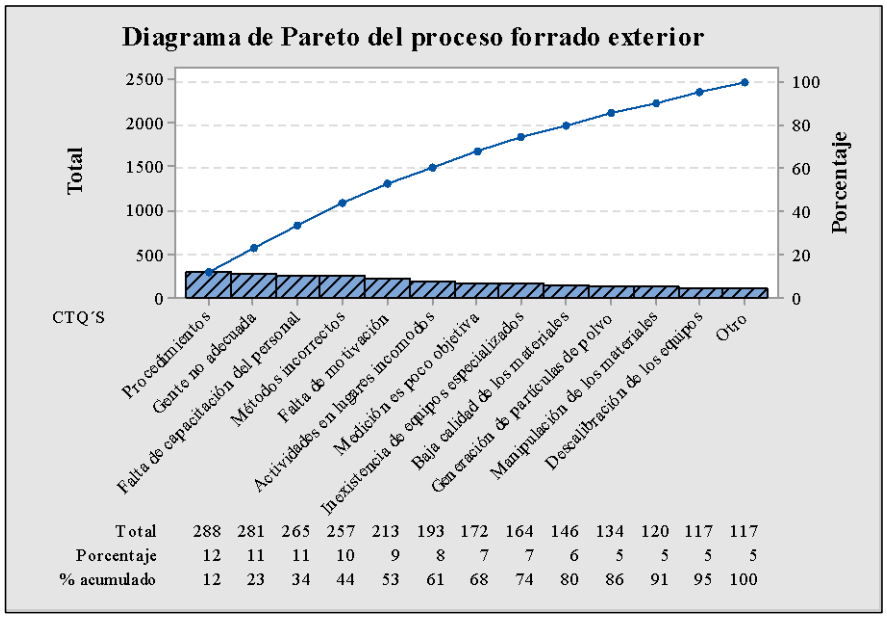


Fig. 53. Diagrama de Pareto de defectos proceso de fabricación armado de estructura

Interpretación de la gráfica

De acuerdo con la Figura 53, donde se indica el diagrama de Pareto, se observa que se debe de iniciar con actualizar los procedimientos obsoletos que posee actualmente, el personal inadecuado y para posteriormente trabajar con la falta de adiestramiento en las diferentes áreas y finalmente con los demás parámetros para lograr una mejora en el proceso.

4.5.3. Análisis de Modo y Efecto de las Falla AMEF

Para garantizar que las variables criticas están siendo bien identificadas se realiza la matriz AMEF del proceso de fabricación de carrocerías y forrado exterior, de esta forma identificando las fallas potenciales del proceso a partir de sus frecuencias, forma de detección y el efecto que provocan, y para las fallas que amenazan más la confiabilidad del proceso y se es necesario generar acciones para atenderlas.

Para el cálculo del valor NPR se lo realiza a partir de la metodología indicada y las tablas del anexo 10.

Tabla 25. Matriz AMEF

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS EN EL PROCESO																	
Número de proyecto: *6S-01*		***Proceso:*** *Fabricación de carrocerías para buses*				***Producto afectado:*** *Carrocería*					***Páginas:*** *1 de 1*						
Preparado por: *Oscar Pilla*			***Fecha AMEF:***														
Función del Proceso	Modo de falla potencial	Efecto(s) de falla potencial	SEV	Causa/ Mecanismo de la falla potencial	OCU	Controles actuales del proceso para detección	DET	NPR	Acciones recomendadas	Responsable	Resultados de acciones						
											Acciones tomadas	SEV	OCU	DET	NPR		
Armado de estructura	*Dimensiones inadecuadas*	*Piezas de mayor o menor longitud que la normal*	*9*	*Falta de capacitación del personal*	*7*	*Visual y no registrada*	*7*	*441*	*Capacitar al personal*								
	Piezas mal cuadradas	*Piezas mal ubicadas o fuera de lugar*	*8*	*Métodos incorrectos*	*8*	*Visual y no registrada*	*5*	*320*	*Chequeo cada 5 horas*								
	Porosidades	*Presencia de agujeros en las uniones*	*9*	*Descalibración o condiciones de los equipos*	*4*	*Visual y no registrada*	*3*	*108*	*Chequear y ajustar maquinas diariamente*								
	Calidad del cordón	*Poca o mucha penetración en el material*	*9*		*8*	*Visual y no registrada*	*3*	*216*	*Chequear y ajustar maquinas diariamente*								
	Alineación	*Asimetría de la estructura*	*7*	*Mediadas mal tomadas, Distracción o prisa*	*7*	*Visual y no registrada*	*8*	*392*	*Chequeo semanal*								
Forrado exterior	*Superficies irregulares*	*Presencia de rallones o golpes*	*7*	*Falta de capacitación del personal*	*7*	*Visual y no registrada*	*6*	*294*	*Capacitar al personal*								
	Salpicaduras/ Proyecciones	*Presencia de residuos en la superficie*	*8*	*Equipo mal calibrado*	*7*	*Visual y no registrada*	*7*	*392*	*Chequear y ajustar maquinas diariamente*								
	Ahogado con fibra	*Defectos en la superficie*	*8*	*Personal no adecuado*	*4*	*Visual y no registrada*	*7*	*224*	*Capacitar al personal*								
	Templado	*Superficie con olas*	*7*	*Falta de capacitación de la persona*	*4*	*Visual y no registrada*	*7*	*196*	*Capacitar al personal*								
	Terminado de superficie	*Defectos en la superficie*	*8*		*2*	*Visual y no registrada*	*7*	*112*	*Capacitar al personal*								
	Alineación	*Asimetría de los forros*	*7*	*Mediadas mal tomadas, Distracción o prisa*	*8*	*Visual y no registrada*	*8*	*448*	*Chequeo diariamente*								
	Pegado	*Pérdida de tiempo en reprocesos*	*9*	*Personal no adecuado*	*3*	*Visual y no registrada*	*8*	*216*	*Capacitar al personal*								

Interpretación de la matriz AMEF

En la Tabla 25, se observa que las causas raíz de variación dentro de los procesos de armado de estructura y forrado exterior se debe principalmente a distintos factores como son: Falta de capacitación del personal, métodos incorrectos, personal no adecuado, mediadas mal tomadas, distracción o prisa o equipos mal calibrados. En base a la matriz anterior se identifica las actividades con potencial de riesgo y donde se requiere implementar un plan de acción para controlar y reducir los defectos dentro de los procesos.

Mediante las herramientas de calidad previamente aplicadas se logra analizar e identificar los defectos dentro de los procesos de armado de estructura, así como en el forrado exterior estas se originan por varias causas principales como es la falta de capacitación del personal, métodos incorrectos, personal no adecuado, mediadas mal tomadas, distracción o prisa y equipos mal calibrados.

4.5.4. Desarrollo de un Plan de Recolección de Datos

El plan de recolección tiene como objetivo principal recolectar todos los datos disponibles relativo al proceso que pueda ayudar a determinar las variables que afectan las "Y" del proyecto en el proceso estudiados

Los factores más relevantes en los procesos de armado de estructura y forrado anterior aplicados en la línea de producción objeto de estudio son:

Tabla 26. Factores de medición

Función del Proceso	CTQ's
Armado de estructura	Dimensiones inadecuadas
	Piezas mal cuadradas
	Porosidades
	Calidad del cordón
	Alineación
Forrado exterior	Superficies irregulares
	Salpicaduras/ Proyecciones
	Ahogado con fibra
	Templado
	Terminado de superficie
	Alineación
	Pegado

A continuación, se detalla el Plan de Recolección de Datos como parte de la medición de los parámetros de interés, tomando en cuenta los críticos de calidad obtenidos en las etapas posteriores

Tabla 27 Plan de recolección de datos de los procesos de Metálicas Pillapa

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
Objetivo de la recolección de datos: "Recolectar datos de los procesos para identificar las variables afectan la calidad de los productos"								
Que medir				**Desarrollo de definiciones operacionales y como medir**				
Medición	Tipo de medición	Tipo de dato	Subgrupo	**Definición Operacional**		**Plan de muestreo**		**Recolección**
				Que	Como	Donde	Cuantas veces	Nombre del empleado
Dimensiones	*Entrada*	*Continua*		*Dimensiones de piezas*	*Observación Anexo 3*	*Área de estructura*	*Diariamente (16:00 h)*	*Jefe de producción*
Posición	*Salida*	*Continua*		*Encuadre de piezas*	*Observación Anexo 3*	*Salida del área de estructura*	*Dos veces por día (12:00 h-16:00 h)*	*Jefe de producción*
Porosidades	*Salida*	*Discreta*		*Puntos de suelda*	*Observación Anexo 3*	*Salida del área de estructura*	*Diariamente (12:00 h)*	*Jefe de producción*
Cordón de soldadura	*Salida*	*Discreta*		*Cordones uniformes*	*Observación Anexo 3*	*Salida del área de estructura*	*Una vez por cada etapa (Final de la etapa)*	*Jefe de producción*
Superficies	*Entrada*	*Discreta*		*Superficies regulares*	*Observación Anexo 3*	*Salida del área de estructura*	*Cada vez que termina el proceso de armado de estructura*	*Jefe de producción*
Salpicaduras/ Proyecciones	*Salida*	*Discreta*		*Puntos de suelda*	*Observación Anexo 3*	*Salida del área de forrado*	*Diariamente (16:00 h)*	*Jefe de producción*
Ahogado con fibra	*Salida*	*Discreta*		*Unión de respaldo, techo y frente*	*Observación Anexo 3*	*Salida del área de forrado*	*Dos veces por cada etapa (Inicio-Final)*	*Jefe de producción*
Templado	*Salida*	*Discreta*		*Templado de forros*	*Observación Anexo 3*	*Salida del área de forrado*	*Cada vez que termina una etapa de forrado*	*Jefe de producción*
Terminado	*Salida*	*Discreta*		*Terminado de superficie*	*Observación Anexo 3*	*Salida del área de forrado*	*Una vez por día (12:00 h)*	*Jefe de producción*
Alineación	*Salida*	*Continua*		*Alineación de forros y fibras*	*Observación Anexo 3*	*Salida del área de forrado*	*Dos veces por día (12:00 h-16:00 h)*	*Jefe de producción*
Pegado	*Salida*	*Discreta*		*Unión de forros y fibras*	*Observación Anexo 3*	*Salida del área de forrado*	*Una vez por etapa (Final de la etapa)*	*Jefe de producción*

Recolección de datos

La recolección de los datos consiste básicamente en la ejecución de la medición de los CTQ´s mencionados en el plan de plan de recolección de datos, y la correcta implementación del sistema de medición permitirá monitorear permanentemente el proceso de producción de carrocerías, es decir antes y después de las mejoras aplicadas, en base a una estructura basada en un estudio objetivo y real.

A continuación, se presenta una tabla donde se detalla todos los aspectos inherentes al aseguramiento del sistema de medición:

Tabla 28 Parámetros para realizar la recolección de datos

Crítico de calidad CTQ´s	Descripción de la población y muestra	Actividades a realizar	Etapa	Frecuencia de medición	Responsable
Nivel de Calidad: DPMO, Sigma σ, NPR	Unidades de producción: 12	Asegurar la correcta recolección de las mediciones y la matriz AMEF	Durante la producción: Datos de los Procesos	Cada Cuatro meses	Jefe de producción
Satisfacción del cliente interno: Tabla 25	Clientes internos: 39 Operarios de producción	Utilizar el formato de encuesta. Asegurar la correcta recolección de las mediciones	Después de La finalización de cada proceso	Mensual	Jefe de producción
Cumplimiento de los requisitos del cliente interno: Tabla 20	Clientes externos: 12 Clientes finales	Utilizar el formato de encuesta. Asegurar la correcta recolección de las mediciones	Después de un mes de entrega de la unidad	Cada cuatro meses	Jefe de producción

4.5.5. Determinación de la capacidad de proceso

Cálculo de la métrica DPO del proceso de armado de estructura y forrado exterior

De acuerdo a los datos recolectados en el anexo 7 donde se muestra el número de defectos encontrados en cada proceso y correspondientes a cada producto estudiado, se evalúa los procesos a partir de la métrica DPO propio de cada proceso.

Según los valores de las observaciones del área de armado de estructura (ver anexo 7), se toma como ejemplo la escuadra de estructura se obtiene los siguientes datos:

D=8, N=12, O=2

$$\text{DPO} = \frac{\text{D}}{N * O}$$

$$\text{DPO} = \frac{8}{12 * 2}$$

$$\mathbf{DPO = 0,333}$$

Esto se lo realiza para todas las operaciones del armado de estructura, en la Tabla 29, se observa los datos del DPO del proceso de armado de estructura.

Tabla 29. Tabla de valores de DPO del proceso de armado de estructura

	Proceso		**Proceso**	
	Armado de estructura		**Forrado exterior**	
N°	**Operación**	**DPO**	**Operación**	**DPO**
1	Placas de anclaje	0,083	Forrado de techo	0,233
2	Escuadras de estructura	0,333	Claraboya	0,25
3	Estructura de piso	0,270	Forrado lateral derecho/izquierdo	0,312
4	Piso de chofer	0,125	Forrado faldón Derecho/izquierdo	0,183
5	Lateral izquierdo/ derecho	0,250	Forrado frente	0,354
6	Bodega derecha/ izquierda	0,270	Forrado respaldo	0,208
7	Estructura de techo	0,312	Forrado bodegas	0,208
8	Estructura de frente	0,208	Armado compuertas	0,291
9	Estructura de respaldo	0,291	Forrado piso	0,083
10	Bodegas entre ejes	0,250	Forrado respaldo interno	0,25
11	Bodega de túnel	0,333	Forrado cabina	0,229
Media		0,248		0,236

En la Tabla 29, se muestra que en promedio el proceso de armado de estructura y forrado exterior esta generando 0,248 y 0,236 DPO que es considerada no aceptable según Pearn y Wu, por lo tanto, se requiere reducir la variabilidad del proceso y por otro lado también la fracción de unidades defectuosas. Ademas al no contar con especificaciones para el calculo de la capacidad del proceso se requiere de la intervención de empresas dedicadas al mejoramiento de la calidad o expertos black belt en Seis Sigma.

4.6. Etapa mejorar

En esta etapa se desarrollan propuestas e implementan soluciones que atienda las causas raíz, es decir, asegurarse de reducir o corregir el problema. Anteriormente se analizó y verifico estadísticamente que las variables tienen relación con la baja calidad de sus productos, así que durante esta fase se pretende proponer y entregar soluciones al proceso, dichas propuestas de mejora deben ser aprobada para asegurar que la propuesta de mejora sea viable.

El grupo de trabajo debe llevar a cabo una identificación detallada de las causas raíz de los problemas y como tender a elevar el desempeño de los procesos, para lo cual el equipo procederá a realizar una sesión de lluvia de ideas y análisis de soluciones como es la matriz de decisión, teniendo como base la matriz análisis de modo efecto de falla AMEF donde se identifica los factores potenciales que afectan la calidad del producto.

4.6.1. Generación de alternativas de mejora

Para determinar las correctas alternativas de mejora se ha hecho indispensable el uso de técnicas que permitan comparar cada solución teniendo en cuenta dos conceptos indispensables de corto y largo plazo.

A corto plazo se entiende como el tiempo mínimo para que las fuentes de variación permanecen relativamente constante o controladas debido a que se considera ideal mantener constante la variación a corto plazo, mientras que a largo plazo es el tiempo necesario para realizar una mejor medida de la realidad, porque por lo general la variación a corto plazo en el tiempo no se mantiene. Debido a que representa la calidad que el cliente recibe realmente de la organización.

El equipo de trabajo está encaminado a obtener resultado a corto plazo de las variables del proceso corrigiéndolas y obteniendo una base objetiva para identificar cambios especiales en el proceso, para posteriormente realizar un plan de mejora a largo plazo. Todo esto se llevará a cabo por el equipo de trabajo teniendo en cuenta las limitaciones de la empresa ya que, al ser una mediana empresa, y no se encuentra en las condiciones de realizar grandes inversiones ya sea en herramientas y equipos tecnológicos o personal apropiado para su línea de producción.

Una vez que se verifique que la realidad de los procesos cambió y mejoró, se procede posteriormente a realizar un nuevo estudio para determinar los nuevos límites de control que reflejen la nueva realidad del proceso.

En la Tabla 30, se detalla las alternativas de mejoras propuestas.

Tabla 30. detalles de las alternativas de mejora

Causa raíz	Alternativas de mejora	Responsable	Herramientas	Periodo de implementación
Personal	Capacitación a operarios y supervisor	Gerente general; jefe de producción	Programas de capacitación teóricos y prácticos a nivel interno y externo	Corto plazo
	Control de calidad	Jefe de producción	Registro de producción	Corto plazo
			Check list de inspección en campo	
			Graficas de control	
	Selección de personal	Gerente general y jefe de producción	Pruebas de soldadura; Pruebas de masillado y pintura	Corto plazo
	Elaboración de nuevos procedimientos de trabajo	Jefe de producción	Listado de actividades; Diagrama de flujo;	Corto plazo
Maquinaria y equipos	Control de materia prima	Bodeguero; jefe de producción	Check list de inspección de ingreso de materiales	Corto plazo
	Control periódico de maquinaria y equipos	Bodeguero; jefe de taller	Check list	Corto plazo

Varias de las soluciones posibles planteadas pueden eliminar a la vez algunas causas raíz, por lo que a continuación se describe de manera general las más relevantes:

Capacitación a operarios y supervisor: consiste en diseñar un plan de capacitación para el personal y a través de ello permita al personal operativo realizar otras tareas de niveles similares, desarrollando sus aptitudes y mejorando el desempeño de la empresa. Dicho plan permitirá al personal uniformar las actividades esto a causa de la no existencia de un puesto de trabajo estático y la persona debe estar preparado para ocupar las funciones que requiera la empresa.

Control de calidad: Para lograr identificar si existe variabilidad en los datos o para plantear nuevos métodos de control que aseguren la minimización de las fallas cuando haya finalizado el proyecto, se requiere de un control estadístico de procesos.

Elaboración de nuevos procedimientos de trabajo: para documentar de manera natural y explicativa, los pasos y criterios que deben ser considerados en el proceso y además de reflejar los cambios introducidos para reducir el procesamiento.

Control de materia prima: para que las inspecciones sean más estrictas en el proceso de recepción de materiales y herramientas. Permitiendo a personal desempeñar de mejor manera sus actividades.

Control periódico de maquinaria y equipos: para que los elementos sometido a control periódico se encuentra en condiciones de seguridad.

4.6.2. Análisis de factibilidad

El análisis de factibilidad o estudio de viabilidad, tiene como función ayudar a decidir de manera objetiva si debe procederse con el proyecto propuesto, desarrollo o implementación. Para ello los recursos se analizan en función de tres aspectos; factibilidad operativa, factibilidad técnica y factibilidad económica este último al ser el más importante ya que a través de él se solventan las demás carencias de otros recursos siendo es el más difícil de conseguir.

Tabla 31. factibilidad de las alternativas de mejora

FACTIBILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA	
FACTIBILIDAD	**DESARROLLO**
OPERATIVA	– La actualización de los procedimientos actuales permitiendo a los trabajadores realizar sus actividades de manera eficiente. – Realizar mediciones y análisis del nivel actual de calidad ya se en DPMO, nivel σ o capacidad del proceso. – La ejecución de las alternativas de mejora tendrá un responsable directo de su aplicación y seguimiento: jefe de producción, quien debe conocer la metodología seis signa. – Caso contrario los problemas seguirán o pueden surgir otros a partir de ese.
TÉCNICA	– Se cuenta con la maquinaria y herramientas que son prácticas y fácil de utilizar (los trabajadores deben estar preparados para utilizar los equipos). – Dentro del medio se cuenta con los equipos necesarios, cuentan con lo necesario (Soldadores, pintores, electricistas, bodegueros, etc.) para poder desarrollar sus actividades. – Pero esto también depende al tiempo que se va a emplear para la creación del proyecto.
ECONÓMICA	– La ejecución de las alternativas de mejora requiere de una pequeña inversión, ya que se cuenta el personal que puede llevar a cabo la implementación y las herramientas estadísticas para la adecuada implementación del proyecto ha excepción por la preparación periódica del personal y un ingeniero con conocimientos de calidad. – La gerencia se ha comprometido con el financiamiento de los recursos para poder implementar y llevar un seguimiento de las mejoras propuestas.

Beneficiarios: La propuesta de mejora está encaminada a elevar el nivel de calidad y sus procesos, beneficiando directamente a los trabajadores de la empresa y la empresa en sí, así como a sus clientes de sus productos y mejorando su marca dentro del mercado nacional.

4.6.3. Presupuesto de la propuesta de mejora

El coste es una parte indispensable para llevar a cabo el proyecto Seis Sigma pues se evalúan los recursos disponibles para cubrir con los gastos asociados, a tal manera de poder representar de mejor manera los costos que tendrá cada uno de los aspectos del

proyecto. A continuación, se presenta en presupuesto planteado para el desarrollo del proyecto.

Tabla 32. Presupuesto del proyecto Seis Sigma

Presupuesto del proyecto			
Proyecto:	Programa Seis Sigma	Duración:	1 años
Líder:	Tnlg. Leonardo Pillapa		
Costos directos:	$ 11,995.00	Presupuesto:	$ 12,000

Elementos	Tipo de recurso	Tipo de unidad	Unidades	Precio por unidad	Costo
Personal	Sueldo del profesionista	Jornada al año	1	$ 6,000	$ 6,000
Personal	Sueldo asistente	Jornada al año	1	$ 4,728	$ 4,728
Plan de capacitación	Formativa	Horas	1	$ 3,925	$ 3,925
Hojas de papel	Uso continuo del proyecto	Caja con 5000 hojas	4	$ 31	$ 140
Toner	Impresión continua en proyecto	Pieza	6	$ 20	$ 120
Bolígrafos	Papelería en general	Caja con 24	6	$ 6.75	$ 41
Computadora	Computadora HP	Pieza	1	$ 750	$ 850
Impresora	Impresora Ricoh	Pieza	1	$ 235	$ 235
Viáticos	Comida, viaje, hospedaje, otros	Alimentación, transporte, noche, otros	1	$ 705	$ 700
TOTAL					$ 11,995

4.6.4. Capacitación a operarios y jefe de producción

Presupuesto de capacitación y adiestramiento al personal técnico y operadores

Con el fin de viabilizar el proceso de formación, la institución asignará un monto que permita desarrollar normalmente los eventos dichos recursos se encuentran dentro del presupuesto del proyecto en la Tabla 32 (Plan de capacitación). A continuación, en la

Tabla 33, se evidencia el presupuesto requerido para la ejecución del Plan de Capacitación. El CANFAC (Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías), el cual brinda supervisión y adiestramiento al sector carrocero de la provincia será la entidad encargada de brindar capacitación y adiestramiento al personal técnico y operativo (ver anexo 11), por tanto, la gerencia de Metálicas Pillapa ha decidido seleccionar personas con mayores aptitudes para formar parte del programa de adiestramiento que va a llevarse a cabo y la misma que está sujeto a reajustes semestrales.

Tabla 33. Presupuesto Plan de Capacitación 2019

Presupuesto Plan de Capacitación					
N°	**Tipo de formación**	**Acción Formativa**	**Duración (Horas)**	**Participantes**	**Presupuesto por persona**
1	Técnica	Soldadura AWSD1.1	40	5	$ 220
2		Normas INEN	40	5	$ 185
3		Administración de bodegas y control de inventario	40	2	$ 100
4		Mantenimiento	40	5	$ 150
5		Norma ISO 9001:2015	40	1	$ 240
6	Gerencial	Gestión de talento humano	40	1	$ 210
7		Planificación	40	2	$ 250
Total					$ 3,925.00

Período de recuperación de la inversión

Es el periodo de tiempo que transcurre desde el inicio del proyecto hasta recuperar la inversión.

$$PRI = \frac{Inversión\ inicial}{\frac{Ingresos\ netos\ anuales}{N°\ de\ años}} \quad (6)$$

A partir de la ecuación 6 realizamos el cálculo del periodo de recuperación de la inversión para los años de vida útil del proyecto, teniendo en cuenta que el ingreso anual neto del modelo Alfa7 es de $29,102.33 así como el tiempo estimado de recuperación 5 años.

$$PRI = \frac{12{,}000\ \text{dolares}}{\frac{29{,}102.33\ dolares}{5\ años}}$$

$$PRI = \frac{12{,}000 \text{ dolares}}{0.2358 \frac{dolares}{años}}$$

$$PRI = 2{,}0616\ años$$

El periodo de recuperación de la inversión será de 2 año 22 días, demostrando la fiabilidad del proyecto ya que es un periodo menor al tiempo indicado.

Programa de capacitación para el personal

Se establece los horarios para cada capacitación, de modo que no afecte al normal desarrollo del trabajo y el tiempo de duración estimado en horas. Estos aspectos se describen a continuación:

Tabla 34. Programas de capacitación para el personal de planta de Metálicas Pillapa

PROGRAMA	CENTRO DE CAPACITACIÓN	TIPO	DURACIÓN HORAS	HORARIO DISPONIBLE
Soldadura AWSD1.1	Empresa	Interna	25	Domingos de 8:30 a 17:30
	Centro de Fomento Productivo Carrocero (Sector Catiglata)	Externa	15	Sábados de 8:30 a 17:30
Soldadura AWSD1.3	Empresa	Interna	25	Domingos de 8:30 a 17:30
	Centro de Fomento Productivo Carrocero (Sector Catiglata)		15	Sábados de 8:30 a 17:30
Administración de bodegas y control de inventario	Centro de capacitación privada u estatal	Externa	40	Sábados de 8:30 a 18:00
Mantenimiento	Centro de Fomento Productivo Carrocero (Sector Catiglata)	Externa	20	Domingos de 8:30 a 17:30
	Empresa	Interna	20	Sábados de 8:30 a 17:30
Norma ISO 9001:2015	Centro de capacitación privada u estatal	Externa	40	Sábados de 8:30 a 18:00
Gestión de talento humano	Centro de capacitación privada u estatal	Externa	40	Sábados de 8:30 a 18:00
Planificación	Centro de capacitación privada u estatal	Externa	40	Sábados de 8:30 a 18:00

En el caso de la capacitación estatal se deberá articular con la SETEC o el SECAP. Mientras que para la capacitación particular se coordinará con la CANFAC (Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías).

Una vez establecidos los programas de capacitación se tiene que dar constancia del cumplimiento de los programas y para ello se emplea el registro codificado como RAC-MP-00, que se empleará uno por cada programa que se haya ejecutado, el formato se muestra en el anexo 12.

4.6.5. Control de calidad y producción

Se ha venido hablando del control de calidad y sus herramientas de mejora continua las cuales permiten definir, medir (DPMO, nivel de sigma entre otros), analizar (matriz AMEF, diagramas de Pareto entre otros), controlar y mejorar, los problemas que surgen dentro los procesos. De la misma forma que se ha venido desarrollando la metodología de mejora para controlar los procesos, la gerencia en conjunto con el jefe de producción y el investigador se creó, modifico, actualizo o elimino documentos o registros obsoletos, obteniendo documentos que aseguren la correcta documentación y registro de datos de los procesos una vez finalizado el proyecto.

4.6.6. Selección de personal

La selección de personal se lo realiza para integrar a un personal apto para las actividades que son solicitadas y es un punto clave para el cumplimiento de los objetivos de la empresa, para lo cual el proceso de selección de personal debe pasar por cuatro etapas: análisis de la necesidad de empleo, reclutamiento ya sea interno o externo a la empresa, Selección del candidato que cumpla con las características que el puesto requerido y finalmente la incorporación a la empresa.

4.6.7. Documentos y registros

Para cumplir con los requisitos de sus productos y servicios, e implementar acciones de mejoramiento continua, corrigiendo y previniendo las no conformidades halladas en el proceso de fabricación de carrocerías. Metálicas Pillapa estable generar documentos y registros para llevar de mejor manera el control de información de sus procesos.

	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**LISTA MAESTRA DE INFORMACIÓN DOCUMENTADA**	**Código:** MDPD-MP-01
		Versión: 00
		Fecha: Oct. 29 de 2018
		Páginas: 2 de 2

N°	Código del documento	Nombre del documento	Responsable	Fecha emisión	Versión
1	RAC-MP-00	Registro de asistencia a capacitación	Jefe de producción	Nov-4	00
	FLP-MP-00	Ficha de levantamiento de procesos	Jefe de producción	Nov-4	00
	RMNCS-MP-00	Registro de mediciones del nivel de calidad sigma	Jefe de producción	Nov-4	00
2	RCP-MP-00	Registro de control de producción	Jefe de producción	Nov-4	00
3	RCDP-MP-00	Registro de competencia del personal	Jefe de producción	Nov-4	00
4	RCRMPA-MP-00	Registro de compra/ recepción de materia prima y accesorios	Jefe de producción	Nov-4	00
5	RCAD-MP-00	Registro de cambio/ actualización de documentos	Jefe de producción	Nov-4	00
6	RMMCE-MP-00	Registro de mantenimiento de máquinas y calibración de equipos	Jefe de producción	Nov-4	00
	RCPC-MP-00	Registro de control de producción de carrocerías	Jefe de producción	Nov-4	00
7	PAEMP-MP-00	Procedimiento actualización y/o elaboración del manual de procedimientos	Jefe de producción	Nov-4	00
8	FIC-MP-00	Ficha de inspección de calidad	Jefe de producción	Nov-4	00

Elaborado por: Oscar Pilla **Cargo:** Investigador	**Revisado por:** Ing. Ana Pilco **Cargo:** Tutor	**Aprobado por:** Tnlg. Leonardo Pillapa **Cargo:** Tutor empresarial

Mediante la lista maestra de información documentada, permite a los trabajadores y supervisores mantener la información de forma controlada.

4.6.8. Control de materia prima

La materia prima es un aspecto muy importante a tener en cuenta, ya que por medio de estas se asegura las características de la carrocería, esto indica que la materia prima tiene una mayor incidencia en la calidad del producto, para ello se debe tener un mejor registro de materiales y accesorios adquiridos de los distintos proveedores, para el

estudio se planteó realizar un muestreo de aceptación para la materia prima, pero la empresa realiza la adquisición de materiales de forma en la que requieren ya sea de mayo o menor cantidad impidiendo realizar un correcto muestreo, por lo tanto, no es factible realizar un muestreo de aceptación para las materias primas. Por lo que se debe de realizar registros pertinentes para el correcto control de las materias primas (Ver anexo 15).

El seguimiento de la producción permitirá de manera específica detectar dificultades y potencialidades del proceso de fabricación de carrocerias, a partir de la implementación del procedimiento operativo, que visualizara avances y retrocesos de cada insumo adquirido, llevándolos a la adopción del plan de calidad y generando cada vez menos productos no conformes.

Tabla 35. Procedimiento operativo para el control de materias prima

QUE (Acción/objeto/ depend encia)	**QUIEN (Persona que realiza la acción)**	**COMO (Procedimiento a seguir)**
1)Seleccionar muestra	Responsable de tomar muestreo	Seleccionar aleatoriamente las referencias de la empresa.
2) Definir tamaño de muestra	Responsable de tomar muestreo	Definir el tamaño de muestra de acuerdo a tabla muestreo, teniendo en cuenta, las unidades entregadas por el encargado de recibir las materia prima
3) Verificación características de calidad	Responsable de tomar muestreo	Validar características de calidad respecto a normas y procedimientos establecidos. Verificar materiales del producto, tubos, planchas, remaches, entre otros, de acuerdo a especificaciones de normas. Cuando la no-conformidad no afecta la apariencia del material o producto y se puede clasificar como calidad primera. No amerita devolución. Pero se debe dar aviso al proveedor.
4) Identificar, No Conformidades y registrar	Responsable de tomar muestreo	Identificar las no conformidades y separar los elementos de las conformes. Totalizar las unidades no conformes
5) Calculo de resultados Porcentaje de Calidad del proveedor	Responsable de tomar muestreo	Calcular el resultado de acuerdo a la siguiente fórmula: % PCC=Total Unidades conformes/Total unidades revisadas * 100
6) Criterio de aceptación o rechazo	Responsable de tomar muestreo	Definir la aceptación o rechazo según tabla muestreo con nivel aceptable de calidad.
	Responsable de tomar muestreo	Muestreo Aceptado: Para unidades conformes para la producción y enviar para las areas de manufactura. Para unidades no conformes, los materiles se identifican de nuevo como incompletos y empacar en cajas de cartón las unidades colocando sticker de rechazo informando la cantidad de unidades no

		conformes para hacer devolución a los proveedores correspondientes.
	Responsable de tomar muestreo	Muestreo Rechazado: Devolver e informar la producción 'RECHAZADA' Vía Telefónica informar al proveedor la devolución especificando la no conformidad con el fin de que se verifique la producción existente antes de ser enviada de nuevo a la empresa.
7) Devolución de prendas no conformes o Producción rechazada	Responsable de tomar muestreo	Efectuar el procedimiento correspondiente para devoluciones a la empresa contratista.
8) Registro de informe en la base de datos	Responsable de tomar muestreo	Registrar la información del la no conformidad en la base de datos estipulada para el ingreso de información.
9 Informe de Resultados	Responsable de tomar muestreo	El informe de resultados se obtienen por el modulo de reportes de la base de datos.

4.6.9. Programa de Mantenimiento Máquinas, Equipos y Herramientas Críticas

	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS CRÍTICAS**	**Código:** PMMEHC-MP-00
		Versión: 00
		Fecha: Dic. 12 de 2018
		Páginas: 1 de 1

a) Justificación

El programa de mantenimiento tiene como finalidad establecer los controles pertinentes para realizarle el mantenimiento preventivo y correctivo a toda la maquinaria, equipos y herramientas críticas, con el fin de evitar incidentes, accidentes y emergencias en el lugar de trabajo.

b) Objetivo General

Garantizar las condiciones de seguridad mínimas requeridas de las máquinas, equipos y herramientas de la empresa Metálica Pillapa.

c) Alcance

Comprende desde la identificación de necesidades, elaboración y ejecución del programa de mantenimiento anual hasta la implementación de controles de las

actividades realizadas y aplica a los bienes, recursos, elementos e infraestructura que afecta la calidad de los procesos.

d) Definición y términos

Mantenimiento: El conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir un sistema, subsistema, instalación, planta, máquina, equipo, estructura, edificio, conjunto, componente o pieza en o a la condición que la permita desarrollar su función.

Mantenimiento correctivo: Es aquel en que solo se interviene en el equipo después de su fallo. Los principales inconvenientes están relacionados con la imprevisibilidad de las averías y fallos que resultan inoportunas. Debido a que las tareas no están programadas es esperable que cuando se produzca el fallo se tarde más y se necesite más mano de obra para corregirlo que en caso de tener un programa de mantenimiento que planee esta situación.

Mantenimiento preventivo: Es un conjunto de técnicas que tiene como finalidad disminuir y/o evitar las reparaciones de los ítems con tal de asegurar su total disponibilidad y rendimiento al menor coste posible. Para llevar a cabo esta práctica se requiere rutinas de inspección y renovación de los elementos malogrados y deteriorados.

Mantenimiento predictivo: El mantenimiento predictivo es el conjunto de técnicas que permiten; reduciendo los costes del programa de mantenimiento tradicional, preventivo y correctivo, asegurar la disponibilidad y rendimiento de los elementos que componen la planta.

Equipo: Conjunto de accesorios que operan para un servicio o trabajo determinado. Es de rango menor a la máquina.

Maquina: Conjunto de aparatos combinados para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza. De igual manera, puede recibir cierta forma de energía y transformarla en otra más adecuada, o para producir un efecto determinado.

Ficha Técnica: Este es un documento que contiene las especificaciones técnicas mínimas para identificar cada equipo, se encuentra el nombre del equipo, su marca, modelo, serial y año de fabricación, incluye imagen con las cotas de medidas, al igual

que la descripción detallada del equipo a saber: Tamaño, peso, sistemas que la componen, capacidad, velocidad, tipo de lubricante y filtros que usa, etc.

Hoja de vida: Este documento registra los trabajos en materia de mantenimiento y movimientos que se hagan a los equipos. La idea es llevar un registro de los mantenimientos realizados para poder programar los próximos según lo indique el plan de mantenimiento y rutinas de lubricación.

e) Responsable

Supervisores y Jefes de Unidad

f) Recursos

Recurso Humano.

Recurso Físico.

Recurso Financiero.

g) Indicadores

Tipo de indicador	Indicador	Frecuencia de medición
Cumplimiento	N° de actividades ejecutadas / N° de actividades programadas X 100	Semestral
Cumplimiento	N° de mantenimientos realizados / N° de mantenimientos programadas X 100	Anual

h) Plan de Trabajo y Seguimiento

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO																				
Equipos de protección				Equipos e herramientas																
Mascarilla	Casco			Caja de herramientas																
Gafas de seguridad	Guantes			Kit de limpieza																
Botas de seguridad	Tapones auditivos			Multímetro																
Riesgo y prevenciones																				
*Riesgos eléctricos. No trabajar con los equipos conectados a la fuente. Si necesita trabajar con equipos con tensión no los manipule directamente. Trabajar con guantes. *Componentes frágiles. No imprimir excesiva presión en estos elementos *Mecanismos rotatorios como poleas, ventiladores, etc. No aproximarse demasiado a estos componentes. *Mecanismos rotatorios como ventiladores, etc. No aproximarse demasiado a estos componentes *Temperaturas elevadas en algunos componentes. No tacar estos elementos directamente																				
Equipo	**Verificación**	**Registro de mantenimiento**																		
		Fecha de ejecución 2019 mes/semana																		
		Marzo				**Abril**				**Mayo**				**Junio**						
Semanas		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Soldadora	Revisar condición y Tensión de Resortes Pinza Masa																			
	Revisar condición y estado de la pinza masa																			
	Revisar cableado interno																			

	Revisar banco de capacitores en fuente																	
	Revisar condiciones y estado de cada una de las partes																	
Soldadura MIG	Revisar condiciones y estado de cada una de las partes																	
	Revisar alimentador de alambre																	
	Revisar mangueras																	
	Revisar boquilla																	
	Revisar reguladores y medidores																	
Amoladoras	Revisar condiciones y estado de cada una de las partes																	
Lijadora de palma	Revisar condiciones y estado de cada una de las partes																	
Taladro	Revisar condiciones y estado de cada una de las partes																	
Cortadora plasma	Revisar el electrodo																	
	Revisar boquilla																	
	Revisar acoplador para el aire																	
	Revisar filtro																	
	Revisar reguladores y medidores																	
	Revisar manguera de antorcha																	
	Revisar pinza de masa																	
Compresor	Cambio de aceite																	
	Cambio del cartucho del filtro de aceite																	
	Tensado de la correa																	

i) Registros

RMMCE-MP-00 Registro de mantenimiento de máquinas y calibración de equipos

j) Actualización del Programa

MODIFICACIONES O ACTUALIZACIONES		
Versión	Fecha	Descripción del cambio
00	02/02/2019	Creación del documento

Elaborado por: Oscar Pilla **Cargo:** Investigador	**Revisado por:** Ing. Ana Pilco **Cargo:** Tutor	**Aprobado por:** Tnlg. Leonardo Pillapa **Cargo:** Tutor empresarial

4.6.10. Plan para la documentación y registro para los aspectos de calidad

En la Tabla 36, se detalla el Plan para la documentación y registro para los aspectos de calidad dentro de la empresa Metálicas Pillapa.

Tabla 36. Documentación y registro para los aspectos de calidad

DOCUMENTACIÓN Y REGISTRO PARA LOS ASPECTOS DE CALIDAD				
DESARROLLO DE DEFINICIONES OPERACIONALES				
Aspecto de mejora		**Documentación y registro**		**Responsable**
Mediante	Formatos	Donde	Periodo	
Capacitación a operarios y supervisor	**RAC-MP-00** Ver anexo 12	Sala de conferencias de la institución	Una vez por semana	Organización encargada
Control de producción	**RCP-MP-00** Ver anexo 16	Área de producción	Diariamente	Jefe de producción
Selección de personal	**RCDP-MP-00** Ver anexo 14	Oficinas	Cada que exista puestos disponibles	RRHH
Elaboración/Actualización de procedimientos de trabajo	**RCAD-MP-00** Ver anexo 17	Oficinas	Cada exista nuevos métodos de trabajo	Jefe de producción
Control de materia prima	**RCRMPA-MP-00** Ver anexo 15	Bodega, oficinas	Cada ingreso o compra de material	Jefe de producción
Control periódico de maquinaria y equipos	**RMMCE-MP-00** Ver anexo 13	Lugar donde se encuentre el equipo	Establecido en el plan de mantenimiento	Jefe de producción
Control de calidad del proceso	**FICP-MP-00** Ver anexo 7	Área de producción	Cada final de etapa	Jefe de producción

4.6.11. Evaluación de las mejoras propuestas

De acuerdo al estudio inicial realizado se han planteado las alternativas de mejora dentro de cada una de las fases (Definir, Medir, Analizar y Mejorar), para el incremento de la calidad de sus procesos las cuales estarán respaldadas por registros para ejecutar el seguimiento y medición, de cada una de las etapas involucradas en el proceso de fabricación de carrocerías según los formatos establecidos en la lista maestra de información documentada. Metálicas Pillapa, analiza y evalúa los resultados que se genera del seguimiento y la medición, esta actividad se planifica y realiza cada cierto tiempo por la alta gerencia, para garantizar la conformidad de los productos y servicios, la satisfacción de los clientes, el desempeño del personal, la eficacia del proyecto Seis Sigma y la necesidad de mejorar sus procesos. A continuación, se esquematiza el mejoramiento continuo para la producción en Metálicas Pillapa.

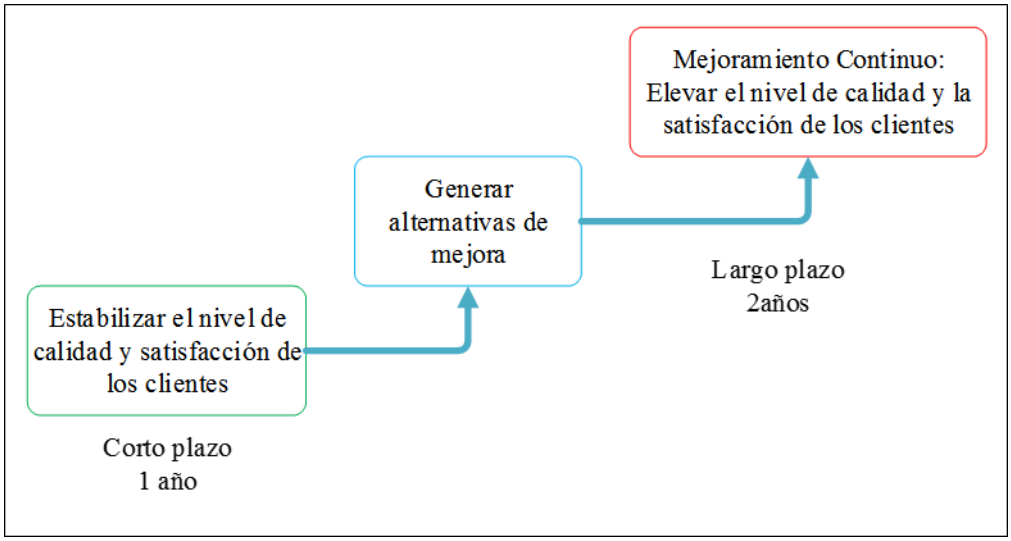


Fig. 54 . Esquema ilustrativo de la mejora continua del proyecto

4.7. Etapa control

En esta etapa es importante establecer planes que permitan mantener las fases posteriores de mejora durante el desarrollo del programa Seis Sigma asegurando su permanencia en el tiempo, para evitar que los procesos no vuelvan a generar los defectos actuales, esto implica generar cambios de los sistemas y estructura, así como los hábitos de todo el personal involucrado de la empresa. Y el jefe de producción será

el encargado de realizar el control en base a los parámetros que se establecen en el diseño del proyecto.

En la etapa de control se tiene que:

- **Estandarizar el proceso:** Es decir, identificar los CTQ's y definir especificaciones.
- **Documentar el proceso:** A partir de las actualizaciones de los procedimiento y plan de control de los procesos.
- **Monitorear el proceso:** Monitorear el desempeño de los procesos, mediante graficas de control.

Estandarizar el proceso

Como se indica anteriormente en las etapas de control, para realizar el control y mejora de los procesos se aplicarán métodos y herramientas para alcanzar procesos eficientes elevando el nivel de calidad de sus procesos, para ello la empresa debe hallar un sistema efectivo y eficiente a medida que avanza el proyecto. Una vez que la gerencia descubra el mejor manejo del programa, deberá tratar de estandarizarlo y transferir el conocimiento a todas las áreas que están relacionadas en la empresa.

Documentar el proceso

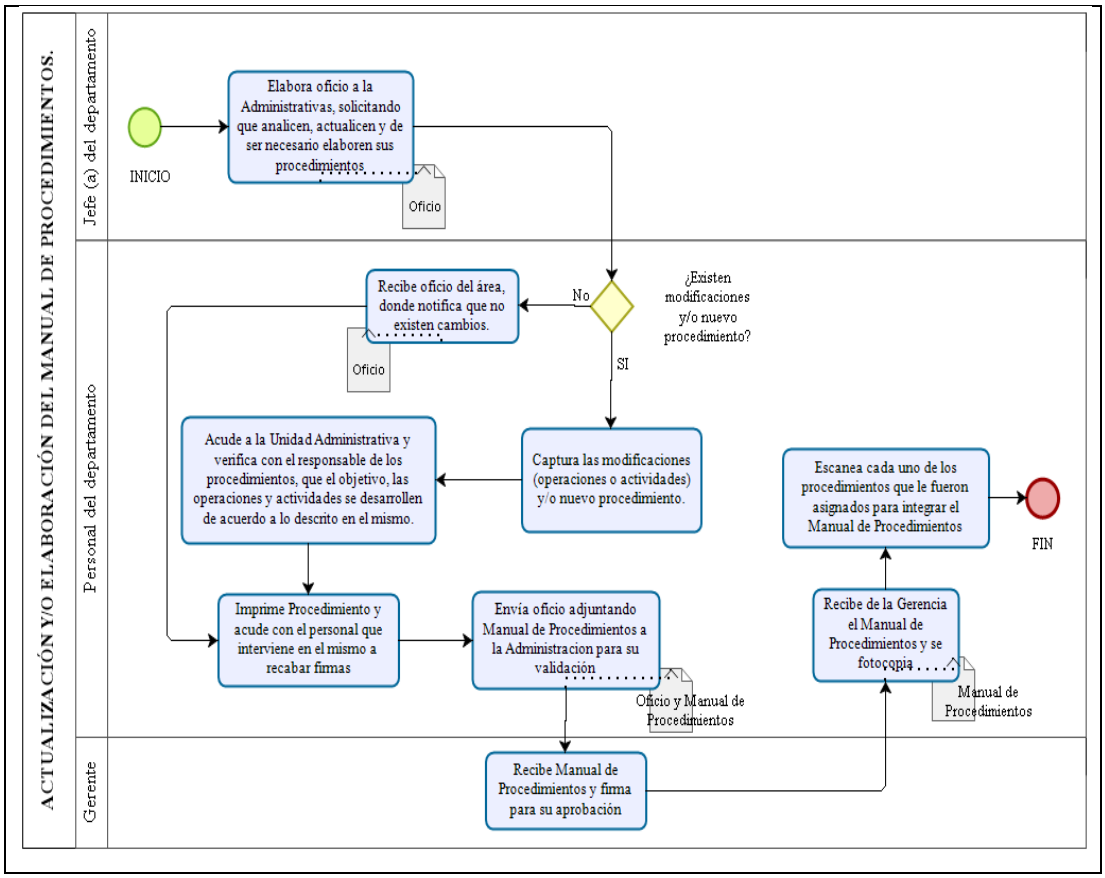
Para realizar la documentación de los procesos de armado de estructura y formado exterior se tiene que actualizar los procedimientos obsoletos que posee la empresa y elaborar el plan de control

Actualización de procesos

Los procesos debes de ser actualizados cada cierto periodo, esto debido a que las nuevas tecnologías y métodos de trabajo en base a las estragáis de mejora presentadas en la etapa anterior.

A continuación, se muestra el procedimiento de actualización y/o elaboración del manual de procedimientos.

	DIAGRAMA DE FLUJO DE ACTUALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTO	
METALICAS PILLAPA	DIAGRAMA DE FLUJO DE ACTUALIZACIÓN Y/O ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	**Código:** DFAEMP-MP-01
		Versión: 00
		Fecha: Oct. 29 de 2018
		Páginas: 1 de 1



4.7.1. Planteamiento de un plan de control

El plan de control es una herramienta donde se puede indicar problemas en los procesos, ayudando a elevar el nivel de calidad de acuerdo a los requerimientos del cliente. El AMEF se puede utilizar como una parte del plan de control ya que permite hallar áreas de oportunidad para la mejora en base a un valor NPR (número de prioridad de riesgo), quien indica si es necesario establecer acciones, además identifica entradas y salidas claves, métodos de control y designar responsables del plan de control.

En la Tabla 37, se muestra el plan de control del proceso de armado de estructura y forrado exterior.

Tabla 37. Plan de control de proceso de Armado de estructura y forrado exterior

PLAN DE CONTROL												
Numero de proyecto: *6S-01*		***Proceso:*** *Fabricación de carrocerías para buses*			***Producto afectado:*** *Carrocería*				***Paginas:*** *1 de 2*		***Código:*** *PCP-MP-01*	
Preparado por: *Oscar Pilla*			***Fecha :***		***Indicadores*** *: (Número de defectos/Total de áreas inspeccionada)*100*							
Proceso	Pasos del proceso	Input	Output	Modos potenciales de falla	Especificaciones del proceso	Métricas	Técnicas de medida	Métodos actuales de control	Monitoreo por	Tamaño de muestra	Frecuencia de monitoreo	Plan de reacción
Armado de estructura	Construcción de anclajes	*Tubos, Plancha , Suelda*	*Chasis con la Estructura*	*Piezas mal cuadrada*	*No existe*	*No existe*	*Flexómetro*	*Check list*	*Jefe de producción*	*Partes asignadas*	*Diaria*	Control continuo del personal a cargo del armado de la estructura y realizar el cambio inmediato de las partes
	Montaje y ajuste de anclajes	*Anclajes, Pernos+ rodelas*										
	Montaje de suples	*Tubos+ Suelda*										
	Armado de piso	*Tubos, Suelda*										
	Colocar de sócalos	*Sócalos, Suelda*		*Calidad del cordón*	*No existe*	*No existe*	*Inspección visual Líquidos penetrantes*	*Check list*	*Jefe de producción*	*Partes asignadas*	*Una es por cada etapa*	Control continuo del personal a cargo del armado de la estructura
	Colocar de laterales	*Tubos en U, Suelda*										
	Montaje de cerchas	*Tubo, Suelda*										
	Tejer estructura del techo	*Tubos en U's, S's, Suelda*		*Dimensiones inadecuadas*	*±5mm*	*No existe*	*Flexómetro*	*Verificación con medidas nominales*	*Jefe de producción*	*Partes asignadas*	*Diaria*	Control continuo del personal a cargo del armado de la estructura
	Tejer estructura del piso	*Tubos, Suelda*										
	Completar estructura principal y rematar con soldadura	*Suelda mig*										
	Armado de faldones	*Tubos, Suelda*										
	Armado de bodegas	*Tubos, U's¨,Suelda*		*Alineación*	*Variable pende de los planos*	*No existe*	*Flexómetro*	*Chuck lista*	*Jefe de producción*	*Partes asignadas*	*Diaria*	Control continuo del personal a cargo del armado de la estructura e instrumentos de medición
	Colocar perfiles de bodegas	*Tubos, suelda*										
	Montaje de cejas en las bodegas	*Ángulos, suelda*					*Flexómetro*	*Verificación con medidas nominales*				
	Construir estructura de frente	*Tubos, Suelda, Fibra frente*										
	Construir estructura de respaldo	*Tubos, Suelda, Fibra respaldo*		*Porosidades,*	*No existe*	*No existe*	*Inspección visual Líquidos penetrantes*	*Check list*	*Jefe de producción*	*Partes asignadas*	*Diaria*	Control continuo del personal a cargo del armado de la estructura
	Construir estructura de cabina	*Tubo, Suelda, tol*										
	Construir estructura de puerta de pasajeros y puerta principal	*Tubos, bisagras, suelda*										

Tabla 37. Plan de control de proceso de Armado de estructura y forrado exterior (Continuación 1)

PLAN DE CONTROL												
Numero de proyecto: *6S-01*		***Proceso:*** *Fabricación de carrocerías para buses*			***Producto afectado:*** *Carrocería*				***Paginas:*** *2 de 2*		***Código:*** *PCP-MP-01*
Preparado por: *Oscar Pilla*			***Fecha :***		***Indicadores*** *: (Número de defectos/Total de áreas inspeccionada)*100*						
Proceso	Pasos del proceso	Input	Output	Modos potenciales de falla	Especificaciones del proceso	Métricas	Técnicas de medida	Métodos actuales de control	Monitoreo por	Tamaño de muestra	Frecuencia de monitoreo	Plan de reacción
Forrado exterior	Forrado de techo exterior	*Fibras de techo, Sikaflex, Remaches*	*Estructura Forrada*	*Superficies irregulares*	*No existe*	*No existe*	*Inspección visual*	*Check list*	*Jefe de producción*	*Partes asignadas*	*Semanal*	Control continuo del personal a cargo del forrado exterior
	Montaje de claraboyas	*Claraboyas, Sicaflex, Remache de golpe*										
	Instalar base de retrovisores	*Tol, Perno+ tuerca, suelda*										
	Forrado de costados exteriores	*Tol, Sicaflex, Suelda*										
	Forrado frente	*Fibra frente, Remaches, Sicaflex*		*Salpicaduras/ Proyecciones*	*No existe*	*No existe*	*Inspección visual*	*Check list*	*Jefe de producción*	*Partes asignadas*	*Diaria*	Control continuo del personal a cargo del forrado exterior y instrumentos de suelda
	Forrado respaldo	*Fibra Respaldo, Remaches, Sicaflex*										
	Forrado piso pasajeros	*Tol, Suelda*										
	Forrado de gradas			*Ahogado con fibra*	*No existe*	*No existe*	*Inspección visual*	*Check list*	*Jefe de producción*	*Partes asignadas*	*Dos por etapa*	Control continuo del personal a cargo del forrado exterior y método
	Forrado respaldo interior	*Fibra respaldo interior, Remaches, Sicaflex*										
	Forrado de faldones	*Tol, Sicaflex, Suelda*		*Terminado de superficie*	*No existe*	*No existe*	*Inspección visual*	*Check list*	*Jefe de producción*	*Partes asignadas*	*Diaria*	Control continuo del personal a cargo del forrado exterior
	Forrado de cabina incluye puertas	*Tol, Suelda*										
	Forrado de lados de las bodegas	*Tol, Remaches, Suelda*										
	Montaje de compuertas de bodegas	*Compuertas, Suelda, Pernos+ Tuercas*		*Alineación piezas*	*No existe*	*No existe*	*Flexómetro*	*Check list*	*Jefe de producción*	*Partes asignadas*	*Diaria*	Control continuo del personal a cargo del forrado exterior y métodos
	Forrado piso de bodegas	*Tol aluminio corrugado, Sicaflex, Remaches*										
	Montaje de guardafangos de tol y estribo	*Tol, Pernos+ Tuercas*		*Pegado*	*No existe*	*No existe*	*Inspección visual*	*Check list*	*Jefe de producción*	*Partes asignadas*	*Una por etapa*	Control continuo del personal a cargo del forrado exterior y métodos
	Cuadrar consola	*Consola, Autoperforantes*										
	Cuadrar las fibras interiores de la cabina	*Fibras de cabina, Remaches, Sicaflex*										

4.7.2. Monitorear el proceso

El monitoreo del proceso se lleva a cabo a partir de gráficas de control, las cuales se especializan en observar y analizar el comportamiento de un proceso a través de tiempo.

Existen dos tipos de cartas de control, para variables (tipo continuo) y para atributos (pasa, no pasa), cuyo propósito es analizar las características importantes de un producto o proceso.

Gráficas de control

Para determinar el tipo de gráfica de control que más se ajuste al estudio en la evaluación de los procesos de Armado de Estructura y Forrado Exterior y el tipo de dato que se cuenta, El estudio cuenta con datos discreto ya que se tiene el número de defecto por unidad se recomienda graficas de control tipo "c".

La carta tipo c es aplicada donde se busca localizar uno o más tipos de defectos relativamente menores, de tal forma que, a pesar que se encuentren defectos, el artículo no se rechaza. Para realizar el monitoreo y control de los procesos de Metálicas Pillapa, se empleará la gráfica de control tipo "c", ya que controla el número de defectos o no conformidades dentro de un producto.

Para el cálculo de la media y la desviación estándar están dadas por las siguientes ecuaciones:

$$\mu_{ci} = \bar{c} = \frac{Tatal\ de\ defectos}{Total\ de\ subgrupos} \tag{8}$$

$$\sigma_{ci} = \bar{c} \tag{9}$$

Los límites de control se obtienen con las expresiones:

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \tag{10}$$

$$Lénea\ central = \bar{c}$$

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \tag{11}$$

Donde LCS y LCI, son los límites de control superior e inferior

A continuación, se emplean los datos recolectados en la matriz de anexo 7 para realizar la gráfica de control c para cada proceso, cabe destacar que la cantidad de subgrupos es de una muestra de doce unidades analizadas en el transcurso de cuatro meses.

Elaboración de la gráfica "c" proceso de Armado de Estructura

Se aplica la misma metodología para el cálculo de los LCS y LCI de los demás procesos tomamos como ejemplo el proceso de construcción de la estructura del frente.

Proceso de construcción de Estructura del Frente

A continuación, en la Tabla 38, se presenta los datos de defectos por unidad.

Tabla 38 Datos defectos de Estructura del Frente

Estructura	Defectos_{ci}	Estructura	Defectos_{ci}
1	1	7	2
2	0	8	1
3	2	9	0
4	0	10	0
5	1	11	0
6	2	12	1
		Total	10

A partir de los datos de la Tabla 38, se calcula el promedio de defectos por unidad aplicando la ecuación 8.

$$\mu_{ci} = \bar{c} = \frac{10}{12} = 0.83$$

Calculamos los limites superiores e inferiores aplicando las ecuaciones (10) y (11).

$$\bar{c} = 0{,}83$$

$$LCS = 0{,}83 + 3\sqrt{0{,}83}$$

$$LCS = 3{,}56$$

$$LCI = 9{,}4 - 3\sqrt{9{,}4}$$

$$LCS = -1{,}90 = 0$$

Al calcular el LCI se observa el resultado es negativo, pero como no puede haber cantidades negativas de defectos, por lo tanto, el límite inferior se iguala a cero.

Con los valores calculados y la ayuda de Minitab17 procedemos a obtener el gráfico de control.

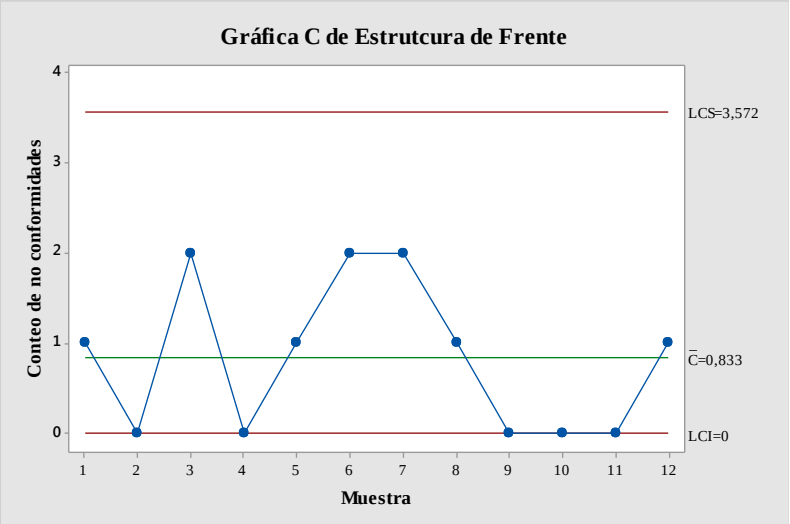


Fig. 55 Carta de control c para el proceso de fabricación de Estructura de frente

En la Figura 55, se aprecia que el proceso de estructura de frente está funcionando de una manera estable, ya que los puntos se localizan dentro de los límites de control, sin embargo, si comparamos los resultados para el proceso en cuanto a la métrica DPMO o al nivel sigma no podemos concluir de la misma manera que para medir el rendimiento real de un proceso se deben tomar en cuenta conjuntamente con todos los parámetros indicados.

Proceso de construcción de Estructura de respaldo

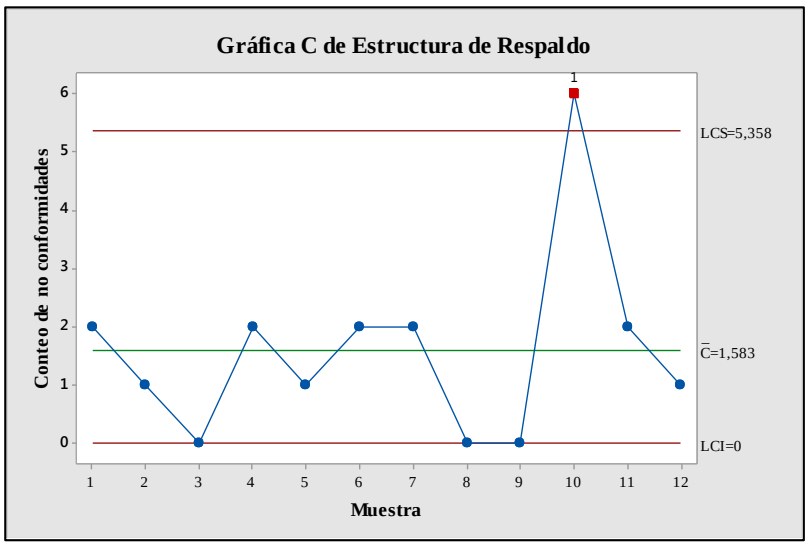


Fig. 56. Carta de control c para el proceso de fabricación de Estructura de respaldo

Observando la carta de control de la Figura 56, se aprecia que, de los 12 subgrupos el 10 presenta un valor que excede el límite de control superior, en este caso se entiende

que en la fabricación de la décima unidad se presentó algún inconveniente (causas inesperadas) que hizo que la fracción de unidades defectuosas sea muy alta.

Proceso de construcción de Escuadra de Estructura

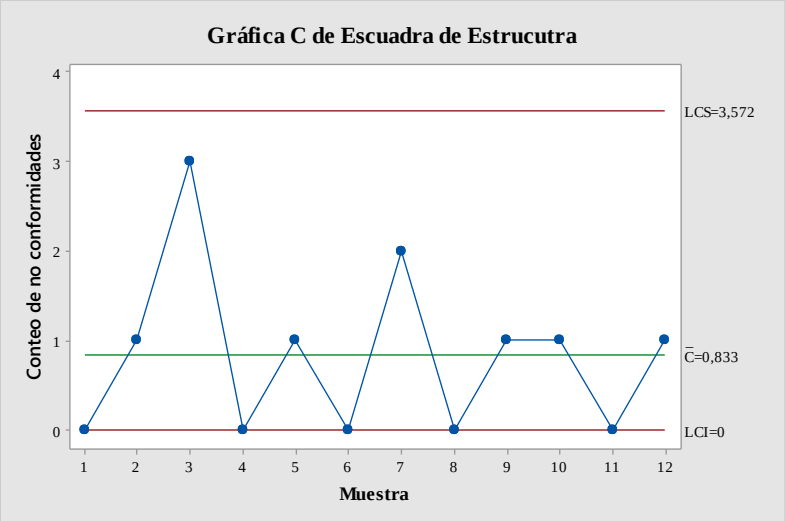


Fig. 57. Carta de control c para el proceso de fabricación de escuadras de estructura

La Figura 57, muestra que la dispersión de los datos se desenvuelve entorno a la línea central a excepción del dato de la muestra 1, 4, 6, 8, 11 en los cuales no existe un valor de falla, entonces se puede establecer que el proceso se encuentra estable. Pero cabe recalcar que, aunque se tenga un proceso estable los índices de capacidad Pp y Pcp mostraran valores debajo del nivel aceptable y el proceso será incapaz de cumplir con los requerimientos de los clientes.

Elaboración de la gráfica "c" del proceso de Forado Exterior

Proceso de Forrado del Frente

En la Tabla 39, se presenta los datos de defectos por unidad.

Tabla 39. Datos defectos Forrado del frente

Estructura	Defectos$_{ci}$	Estructura	Defectos$_{ci}$
1	1	7	0
2	2	8	4
3	0	9	2
4	2	10	1
5	2	11	1
6	1	12	1
		Total	17

Calculamos el promedio de defectos por unidad aplicando la ecuación 8.

$$\mu_{ci} = \bar{c} = \frac{17}{12} = 1{,}41$$

Aplicando las ecuaciones 10 y 11.

$LCS = 1{,}41 + 3\sqrt{1{,}41}$ $\bar{c} = 8{,}7$ $LCI = 1{,}41 - 3\sqrt{1{,}41}$

$LCS = 4{,}97$ $LCS = -2{,}15$

Con los valores calculados procedemos a obtener el grafico de control con la ayuda de Minitab17.

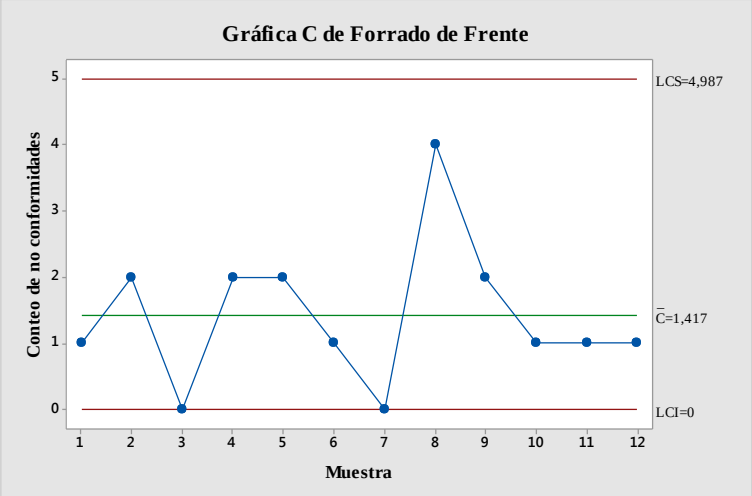


Fig. 58. Carta de control c para el proceso de forrado del frente

En la Figura 58, se aprecia que todos los puntos están dentro de los límites de control, sin embargo, ese criterio no es suficiente para asegurar que el proceso este bajo control estadístico, sino que además se debe verificar que los índices de capacidad y las métricas dpmo se encuentren sobre los límites permisibles.

Proceso de forrado laterales

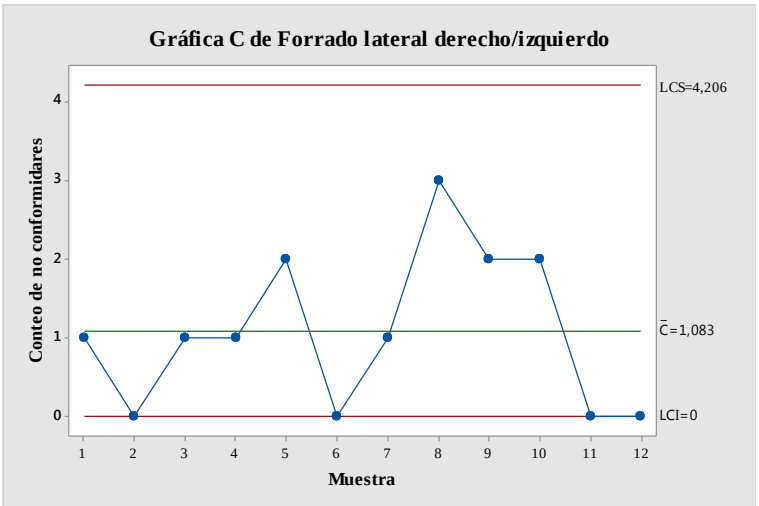


Fig. 59. Carta de control c para el proceso de forrado de laterales

La gráfica de la Figura 59, muestra que los datos presentan una pequeña dispersión en la mayoría de los casos, exceptuando el subgrupo 8, en donde se observa que alcanza un pico muy elevado, aunque no está fuera de los límites de control sigue siendo un criterio de decisión a investigar.

Proceso de Armado compuertas

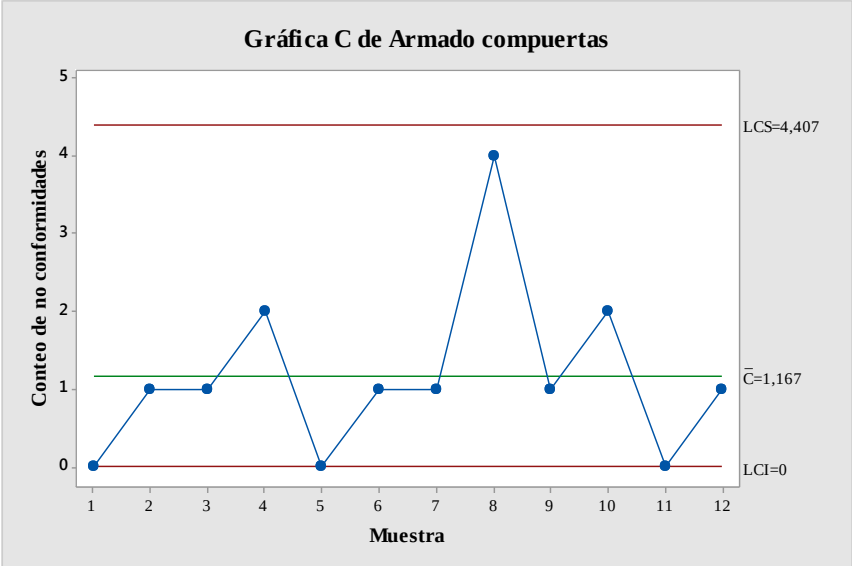


Fig. 60. Carta de control c para el proceso de armado de compuertas

La Figura 60, en el proceso de armado de compuertas todos los subgrupos presentan valores dentro de los límites, aunque existieron algunos subgrupos con datos dispersos, pero en general se puede establecer que el proceso desde el punto de vista de los defectos es satisfactorio.

4.7.3. Desarrollo del plan de reacción

El plan de reacción especifica las acciones correctivas necesarias para evitar producir productos no conformes y operaciones fuera de control. Dicho plan debe ser responsabilidad de las personas directamente relacionadas con el proceso, ya sea el operario o supervisor.

Una vez inicie el programa Seis Sigma, las gráficas de control de los procesos actuales serán una fuente confiable de los datos de los procesos, estas graficas se mantendrán durante el periodo de tiempo que dure el desarrollo de la propuesta y permita comparar los resultados actuales con los iniciales.

A continuación, en la Tabla 40, se resumen los valores de las gráficas realizadas para los demás procesos de producción de Metálicas Pillapa.

Tabla 40. Resumen de las gráficas de los procesos armado de estructura y forrado exterior

PROCESO	LCI	$\bar{c}$	LCS	Datos Fuera de los límites	
				LCI	LCS
Fabricación de estructura de frente	0	0,833	3,572	0	0
Fabricación de estructura del respaldo	0	1,583	5,358	0	1
Colocación de escuadras	0	0,833	3,572	0	0
Forrado de frente	0	1,417	4,987	0	0
Forrados laterales	0	1,083	4,206	0	0
Armado compuertas	0	1,167	4,407	0	0

De acuerdo a los datos de la Tabla 41 se observa que el proceso de fabricación de la estructura del respaldo presenta un dato que están fuera del límite de control superior, lo que indica que existe una mayor aparición de defectos que deben ser controlados para poder incrementar el nivel de calidad de los procesos. Aunque los procesos muestran estabilidad si se compara los resultados para estos procesos en cuanto al DPMO y al nivel sigma no se concluye de la misma manera. Por lo tanto, se tiene procesos capaces, pero a su vez incapaces de cumplir con los requerimientos del cliente.

Interpretación de las cartas de control

Las cartas de control indican si un proceso es estable o no, cuando sus puntos caen dentro de sus límites de control o varían aleatoriamente a lo ancho de la carta. A continuación, se indica los patrones que ayudan a identificar si un proceso es estable y bajo que causas ocasiona inestabilidad en los procesos [44]:

- **Desplazamientos o cambios en el nivel del proceso:** cuando los puntos caen fuera de los límites de control o se colocan de un solo lado de la línea central esto se puede dar por: cambios en los métodos de inspección, mayor o menor control del personal o incorporación de nuevos trabajadores, materiales, métodos o maquinaria.

- **Tendencias en el nivel del proceso:** esto hace referencia a los valores de los puntos tienden a escalonarse ya sea hacia arriba o hacia abajo esto se pude dar debido a desgaste de herramientas o cambios en el medio ambiente entre otras.
- **Ciclos recurrentes:** cuando el mismo número de puntos se repite en forma de onda y se repite el ciclo, las posibles causas pueden deberes a la rotación regular de maquinarias u operarios o la fatiga de trabajadores.
- **Mucha variabilidad:** cuando un número elevado de puntos caen cerca de los límites de control y pocos o ningún punto cerca de la línea central, esto puede darse debido al sobre control o ajuste innecesario en el proceso.
- **Falta de variabilidad:** esto se da cuando todos los puntos se concentran en la línea central esto se puede dar por; errores en los cálculos de los limites o carta de control inapropiada para el estadístico gráfico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- De acuerdo al diagnóstico realizado en Metálicas Pillapa en referencia a la línea de producción de carrocerías, esto dejo en evidencia la existencia de problemas que están generando desperdicios y tiempos muertos en cada uno de los procesos, el registro de medición de calidad indicó que el mayor número de productos no conformes es generado en las áreas de armado de estructura, forrado exterior y pintura al poseer una gran cantidad de defectos. Esto indica que los procesos presentan problemas, por lo tanto, permite efectuar un estudio de calidad en base al nivel sigma de cada proceso con esto se logrará conocer si están dentro del nivel de calidad aceptable.

- En base el estudio estadístico de producción de carrocerías se identificó cincuenta y tres modos de falla diferentes para toda la cadena de producción, y un nivel de calidad sigma de 1,20σ que representa un rendimiento del 38,50%, el cual indica un nivel de calidad bajo. Por tal motivo se presenta la necesidad de aplicar una metodología para controlar y mejorar la variabilidad de los procesos de las áreas de fabricación.

- Según los resultados encontrados del estudio inicial, se procedió al desarrollo de un programa para la disminución de la cantidad de producto no conforme y mejora del nivel de calidad sigma aplicando la metodología DMAIC de Seis Sigma para la optimización de procesos, que mediante el uso de herramientas de calidad

permiten un adecuado control estadístico de la línea de producción. Así como en el estudio de las técnicas de análisis de características cualitativas, que se dividen en técnicas para los defectos y para los defectuosos; los análisis de capacidad para los procesos se clasificaron de acuerdo con defectos y defectuosos.

- Las gráfica de control estadístico tipo "c" revelaron que los proceso de armado de estructura y en el proceso de forado exterior se encuentran bajo control, pero no obstante existe casos complejos como tomando de ejemplo el proceso de armado de estructura que muestra con valores dentro de los límites establecidos, pero en cuanto a la capacidad de proceso muestran valores debajo de los niveles aceptables, por lo que, se considera que es un proceso estable pero incapaz de cumplir los requerimientos de los clientes. Por lo tanto, requiere de un control estadístico de proceso que permita reducir la variabilidad de los procesos tomando mayor atención a las áreas donde existe mayor número de defectos.

5.2. Recomendaciones

- Para disminuir el número de defectos dentro de las áreas de producción especialmente donde existe mucha variabilidad es aconsejable realizar un control periódico de los procesos críticos, como mejor opción aplicar la propuesta de mejora de calidad establecida en el programa Seis Sigma y así lograr un mejor manejo de los datos evitando que se adquieran datos erróneos, de otro modo la formación del personal por medio de entidades es una gran ayuda para la reducción de fallas, no obstante la gerencia debe asegurar la formación del personal, cada persona seleccionada debe de realizar pruebas luego de la formación asegurando su aprendizaje ya que por medio de ellas el personal se puede desenvolverse de mejor manera en sus actividades o estar preparado para realizar diversas actividades que les sean encomendadas dentro del proceso de fabricación de carrocería.
- Se recomienda contratar a un experto (Black Belt, Yellow Belt) o entidad que proporcione guías para el establecimiento de las especificaciones superiores como inferiores y se realice el análisis de los índices de capacidad para poder detectar lograr identificar que tan capaces son los procesos de fabricación de carrocerías.

- Se debe de realizar una revisión crítica de los resultados del programa una vez que se cumpla el período de vida en su primera etapa, que se a corto plazo y que se extiende hasta un año desde que programa da inicio. Eventualmente se establece la relación del nivel de calidad con la satisfacción de los clientes, para adoptar medidas tendientes a alcanzar la mejora continua, estas medidas consisten en la implementación a corto plazo de nuevas alternativas de mejora para no solamente alcanzar una estabilidad en el nivel de la calidad sino para incrementar el rendimiento general del proceso de producción de carrocerías en Metálicas Pillapa. Con respecto a la satisfacción de los clientes también se debe implementar acciones para mejorar la situación en caso de que se presenten dificultades asociadas al tiempo de entrega y el cumplimiento de las especificaciones.

- Resulta de vital importancia para el desarrollo del proyecto Seis Sigma contar con el compromiso y cooperación del personal de producción y de la parte administrativa, además de establecer controles que permitan mantener estable los proceso para evitar volver a prácticas inadecuadas, para lo cual se debe de contar con un supervisor de calidad que lleve el programa desde la implementación de la propuesta, desarrollo y culminación del programa.

- Para tener mayor garantía de los requisitos que deben cumplir los vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial es necesario guiarse en las normas impuestas por la INEN y prevenir prácticas engañosas que puedan inducir a errores a los fabricantes o usuarios finales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

[1] S. Trad, A. Cesar, and A. Maximiano, "Seis Sigma : Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação," *RAC*, vol. 13, pp. 647–662, 2013.

[2] J. Rodrigues and T. Correa, "Seis sigma: características del programa en empresas ubicadas en la región metropolitana de Porto Alegre," *SciELO*, vol. 12, no. 1676–1901, p. 2, 2012.

[3] P. Reyes, "Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas : experiencias y reflexiones," *Redalyc*, vol. 3, no. 0186-1042, pp. 51–69, 2013.

[4] Si. Boarin, M. Monteiro, and L. Lee, "Programa seis sigma: aspectos sinérgicos com outras abordagens de gerenciamento da qualidade," *SciELO*, vol. 9, no. 1676–1901, pp. 20–34, 2013.

[5] L. Camargos, D. Nonato, and F. Muller, "Self-organizing Six Sigma Program: as-is model and need for changes," *SciELO*, vol. 24, no. 0104-530, pp. 95–107, 2017.

[6] T. Herrera, "Aplicación de Seis Sigma en una empresa productora de Cemento," *SciELO*, vol. 9, pp. 7–17, 2011.

[7] J. Serrato, J. CArdiel, and R. BAeza, "Desarrollo de un modelo de dinámica de sistemas basado en la metodología Six Sigma," *Scopus*, vol. 37, no. 0120-5609, p. 80, 2017.

[8] P. Mazieiro, A. Alcaide, and A. Ferreira, "Tratamiento de agua para abastecimiento humano: contribuciones de la metodología Seis Sigma," *SciELO*, vol. 10, no. 1809–4457, pp. 101–135, 2015.

[9] Y. Báez, J. Limón, and D. Tlapa, "Implementing Six Sigma and Taguchi Methods to Obtain an Increased Resistance on a Pull Test of a Light Emitting Diode," *SciELO*, vol. 21, pp. 63–76, 2012.

[10] R. Boer and M. Borchardt, "La aplicación de Seis Sigma en recursos humanos: un estudio de caso en una empresa de electro-electrónicos," *SciELO*, vol. 10, no. 1676–1901, p. 58, 2010.

[11] D. Garcia and J. Carrasco, "Implantacion del modelo seis sigma para la mejora de la calidad y de la productividad en procesos de envasado en la Industria Alimentaria," *SmallAirways*, vol. 32, no. 1807–8664, pp. 119–127, 2013.

[12] Lloyd's Register, "Revisión de la norma de calidad automotriz ISO/TS 16949:2009 a la norma IATF 16949:2016," 2016. [Online]. Available: http://www.lrqamexico.com/certificaciones/norma-iatf-16949-2016/.

[13] J. Arce, R. Li, and E. Peusche, "Planeamiento Estratégico de la Industria de Carrocería Metálica," PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2017.

[14] R. Carro and D. González, "Control estadístico de procesos," in *Administración de las Operaciones*, 11 Edición., McGraw-Hill, Ed. Argentina, 2010, pp. 10–15.

[15] D. Sica, M. Scarlan, and D. Rossini, “El futuro del sector automotriz en el mundo,” Buenos Aires, 2012.

[16] El Observatorio Cetelem Auto, “El mercado mundial del automóvil : Buenas perspectivas de crecimiento,” España, 2015.

[17] E. Díaz, L. Flores, and S. Heyser, “Estudio de la Variabilidad de Proceso en el Área de Envasado de un Producto en Polvo,” *SciELO*, vol. 20, no. 718–764, pp. 105–113, 2009.

[18] F. Acosta, “Seis Sigma rumbo a la perfección,” *Semana S.A.*, 2012. [Online]. Available: https://www.dinero.com/edicion-impresa/mercadeo/articulo/seis-sigma-rumbo-perfeccion/43205.

[19] Centro de Comercio Internacional, “Programa de gestión de la calidad de las exportaciones: El ITC derriba obstáculos técnicos al comercio,” *forumdecomercio*, 2010. [Online]. Available: http://www.forumdecomercio.org/Programa-de-gestión-de-la-calidad-de-las-exportaciones-El-ITC-derriba-obstáculos-técnicos-al-comercio/.

[20] Banco Central del Ecuador, “Producto Interno Bruto,” *30 de Junio*, 2017. [Online]. Available: https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/975-producto-interno-bruto-2. [Accessed: 07-May-2018].

[21] Agencia Nacional de Tránsito, “Homologación Vehicular,” *01 de Agosto*, 2017. [Online]. Available: https://www.ant.gob.ec/index.php/descargable/file/1885-listado-de-empresasfabricantes-de-carrocerias-autorizadas-por-an.

[22] Ministerio de Industrias y Productividad, “El Ministerio de Industrias y Productividad trabaja de manera permanente por el fortalecimiento de la industria nacional.,” *05 de febrero*, 2017. [Online]. Available: https://www.industrias.gob.ec/centro-de-fomento-metalmecanico-y-carrocero-en-ambato-beneficiara-a-60-empresas-nacionales/. [Accessed: 09-May-2018].

[23] INEN, “Vehículos automotores, Fabricantes de carrocerías metálicas para vehículos de transporte de pasajeros, Requisitos,” *CANFAC*, 2013. [Online]. Available: http://canfacecuador.com/index.php/contactus/normas.

[24] L. Cusco, “Las políticas arancelarias y la estabilidad financiera de la industria carrocera en el Ecuador,” Universidad Técnica de Ambato, 2017.

[25] J. Esdras, “Metalicas Pillapa,” *Wix.com*, 2014. [Online]. Available: http://metalicaspillapa.wixsite.com/metalicas-pillapa.

[26] J. Tolamatl and D. Gallardo, “Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del Ramo Automotriz,” *Concienc. Tecnológica*, vol. 42, pp. 2–9, 2011.

[27] C. Pedrera and F. Silva, “Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad,” *SciELO*, vol. 31, no. 2224–6185, pp. 103–114, 2016.

[28] C. Sánchez and A. Duquay, “Impacto de las averías e interrupciones en los procesos. un análisis de la variabilidad en los procesos de producción,” *SciELO*, vol. 8, no. 0124-1087, pp. 92–114, 2009.

[29] W. Martins and A. Menezes, “Aplicación de la metodología DMAIC para aumento de productividad industrial,” *ColloquiumExactarum*, vol. 8, no. 2178–8332, pp. 17–23, 2016.

[30] L. Silva, M. Oliveira, and F. Aparecido, “Implementación de la metodología Seis Sigma para la mejora de procesos utilizando el ciclo DMAIC: un estudio de caso en una Industria Automotriz,” *Exacta*, vol. 15, no. 1678–5428, pp. 223–232, 2017.

[31] M. Buestán, “Aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado,” *Elev. Lat. Am. Caribb. Conf. Eng. Technol.*, no. RP 135, pp. 1–10, 2014.

[32] J. Ocampo, “Aplicando la metodología DMAIC-SIM a la mejora del tiempo de atención en migración en el aeropuerto de San Pedro Sula,” *INNOVARE*, vol. 1, no. 1, pp. 42–74, 2012.

[33] G. Hartono, T. Nugroho, F. Farhan, and R. Fitrianingtyas, “Análisis de desempeño del proceso y producto utilizando el enfoque metodológico de Seis Sigma (DMAIC) a los productos de botella de té en PT XYZ,” *INASEA*, vol. 11, no. 1, pp. 58–69, 2010.

[34] A. Pulido and R. Pulido, “Diseño de un sistema de monitoreo y control estadístico de calidad bajo un enfoque Seis Sigma y de gestión de riesgos,” *IOCA*, vol. 2, no. 5, pp. 37–43, 2017.

[35] C. Valdivia, “Diagnóstico y Propuestas de Mejora de Procesos empleando la Metodología Six-Sigma para una Fábrica de Mantenimiento y Reposición de Mobiliario para Supermercados y Tiendas Comerciales,” Pontificia Universidad Católica del Perú, 2013.

[36] G. Carvajal, W. Valls, and F. Lemoine, “Mejora de procesos,” in *Gestión por procesos*, Primera ed., MAR ABIERTO, Ed. Manta, 2017, p. 41.

[37] J. Peréz, “Que es un proceso. Limites, elementos y factores de un proceso,” in *Gerstion por Procesos*, 4 Edición., ESIC EDITORIAL, Ed. Madrid, 2010, pp. 49–77.

[38] M. Mendoza, “Diseño de un sistema de gestión de la calidad para una microempresa,” Universidad de Veracruzana, 2012.

[39] ISO 9001, “Sistemas de gestión de la calidad,” 2008.

[40] A. Aguirre, “Aplicación de metodología Seis Sigma para mejorar la capacidad de proceso de la variable nivelación vertical en la aplicación de pintura (fondos) de una ensambladora de vehículos,” Universidad Nacional de Colombia, 2010.

[41] M. Sánchez, *Calidad Total*, Segunda Ed. Madrid, 2009.

[42] M. Hidalgo, “Aplicación de la metodología Seis Sigma en la empresa industrias MUSHEE S.A.,” Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2013.

[43] C. Giorgio, “Aplicación de la Metodología Six Sigma para la Identificación y Propuesta de Mejoras en el Área de Producción en la Empresa Rabe S.a. Industria Plástica”,” Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2015.

[44] G. Pulido and R. de la V. Salazar, *Control estadístico de calidad y seis sigma*, Segunda ed. México, 2009.

[45] Á. Oltra and V. Soler, "Qué es Seis Sigma, barreras y claves de funcionamiento en las PYMES," *3C Tecnol.*, vol. 5, pp. 13–24, 2016.

[46] S. Valbuena, "Implementan realidad virtual y aumentada para enseñar medicina en Colombia," *NCNRadio*, 2018. [Online]. Available: https://www.rcnradio.com/tecnologia/implementan-realidad-virtual-y-aumentada-para-ensenar-medicina-en-colombia.

[47] X. Pellegero, "Aplicación de la metodología 'DMAIC' en la resolución de problemas de calidad," UNiversitat de Vic, 2015.

[48] J. Antonio and R. González, "Metodológias y herramientas," *Rev. Ing. Ind. UPB*, vol. 02, no. 02, pp. 17–29, 2014.

[49] L. Pérez, "Uso de la metodología Lean Six Sigma para el área operativa del taller tecnicentro JG ubicado en la ciudad de Guayaquil," Universidad Internacional del Ecuador, 2016.

[50] INEN, "Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. parte 1. programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL)," 2009.

[51] IUNT, *Herramientas para la Mejora de la Calidad*, Primera. Montevideo, 2009.

ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento del proceso de producción de Metálicas Pillapa

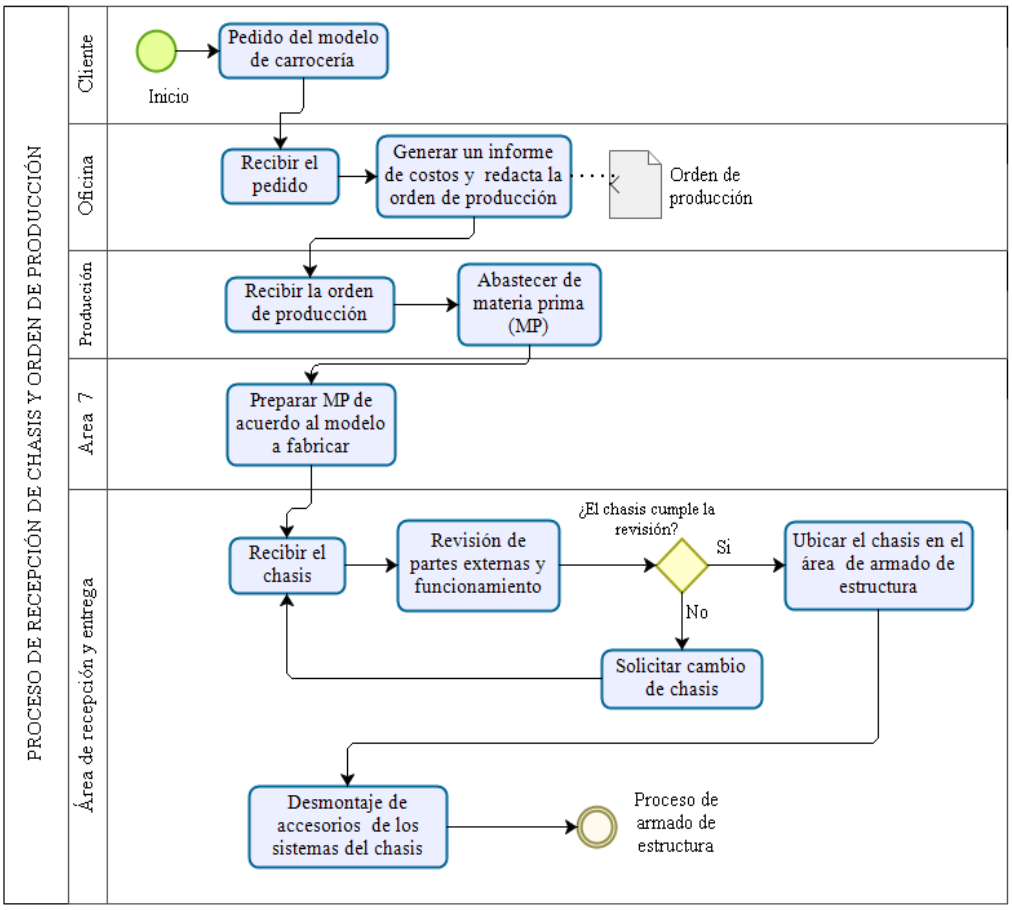
	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**FICHA DE LEVANTAMIENTO DE PROCESOS**	**Código:** FLP-MP-00
		Versión: 001
		Fecha: Jul. 20 de 2018
		Páginas: 1 de 2

Macro proceso: Fabricación de carrocerías

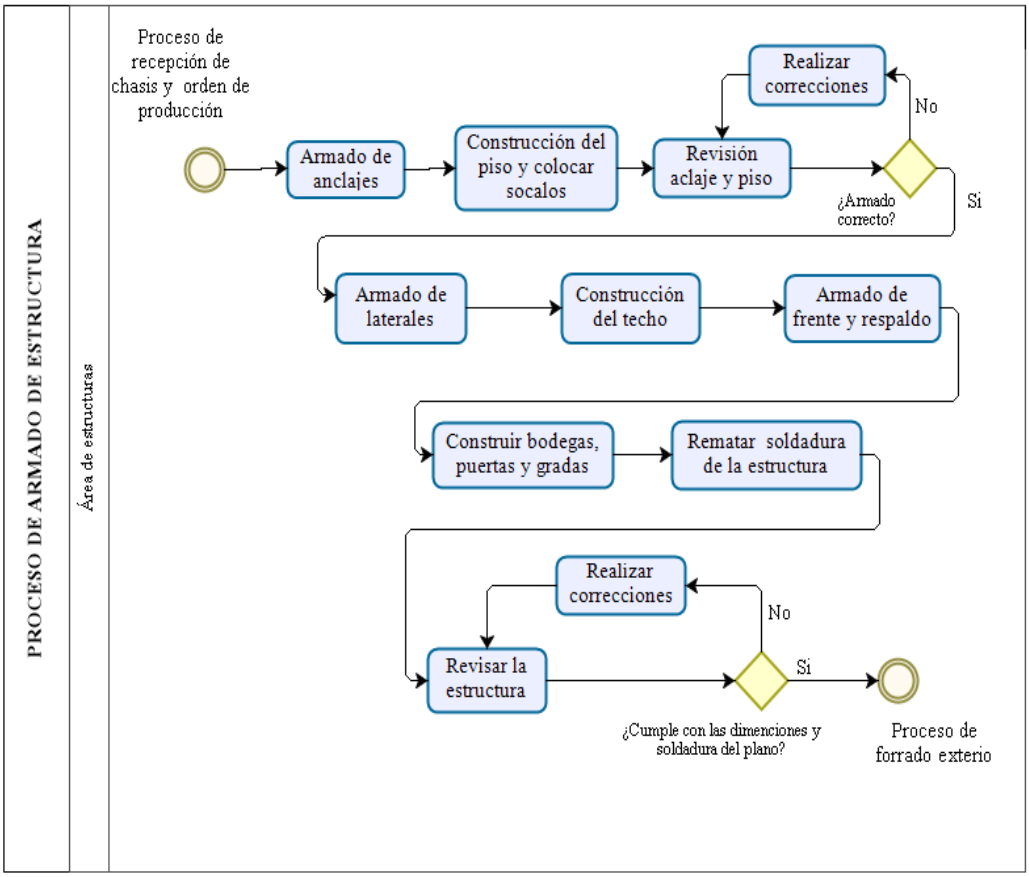
Proceso: Recepción de chasis y orden de producción.

Responsable: Jefe de producción

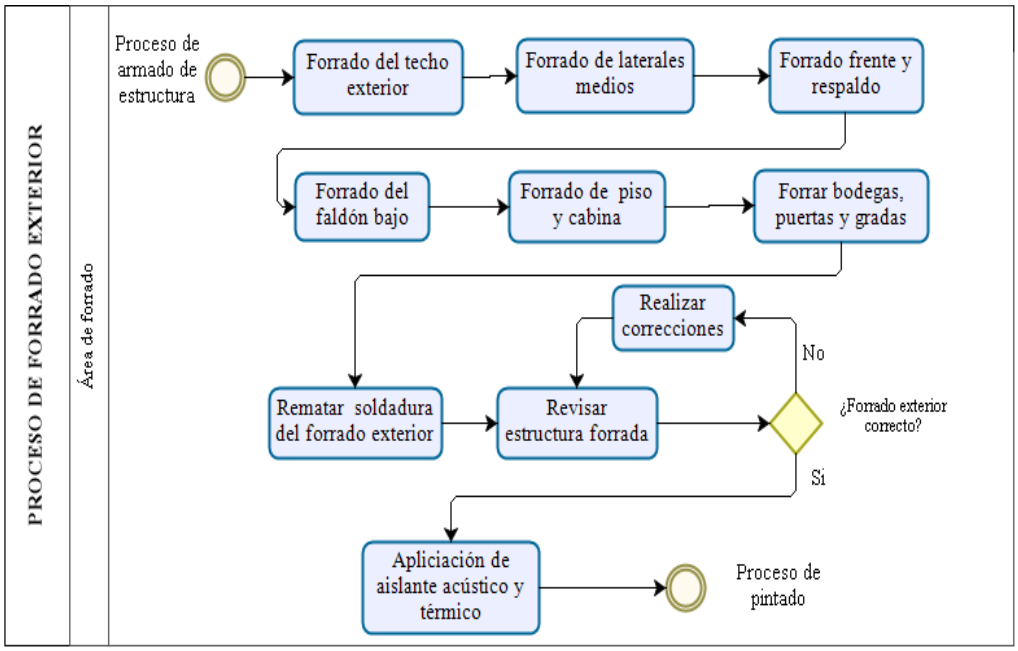
Recepción de chasis y orden de producción.



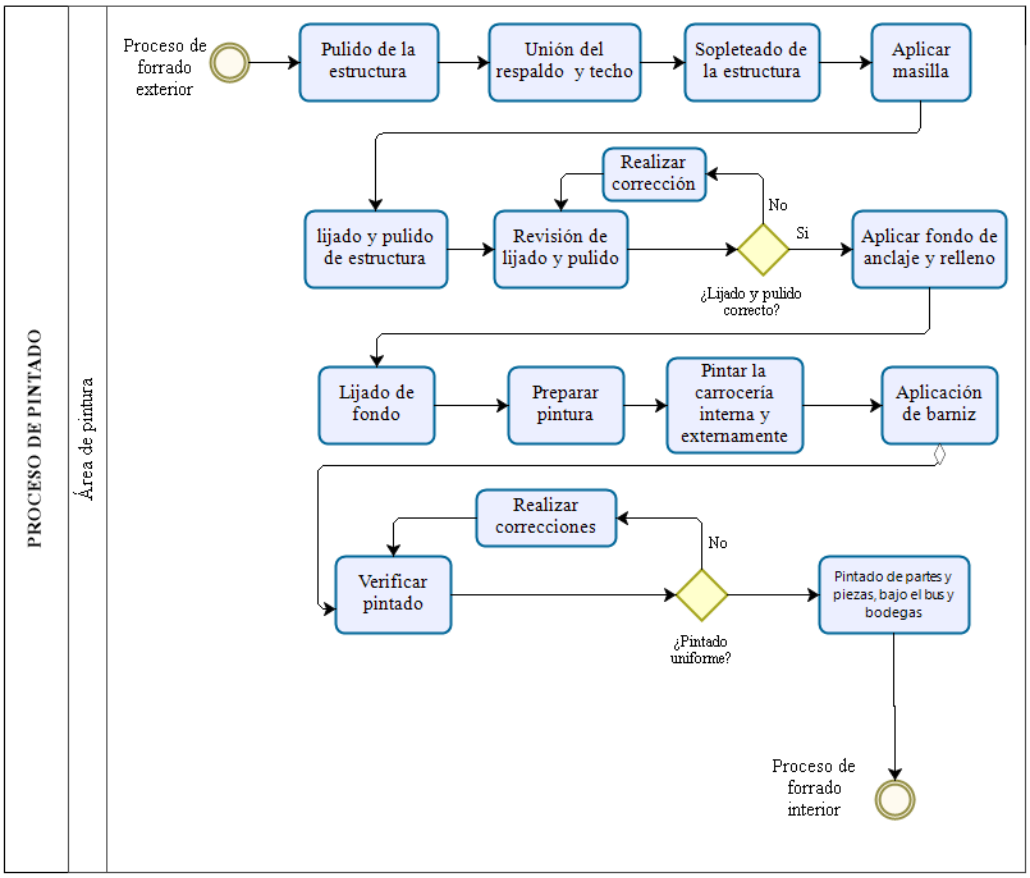
Armado de estructura



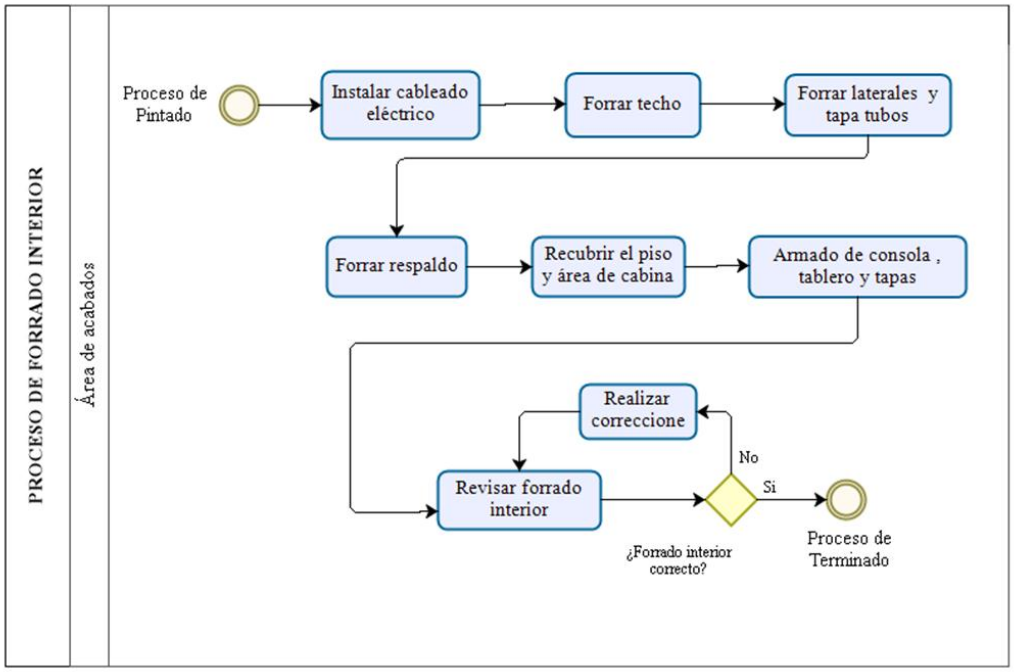
Forrado exterior



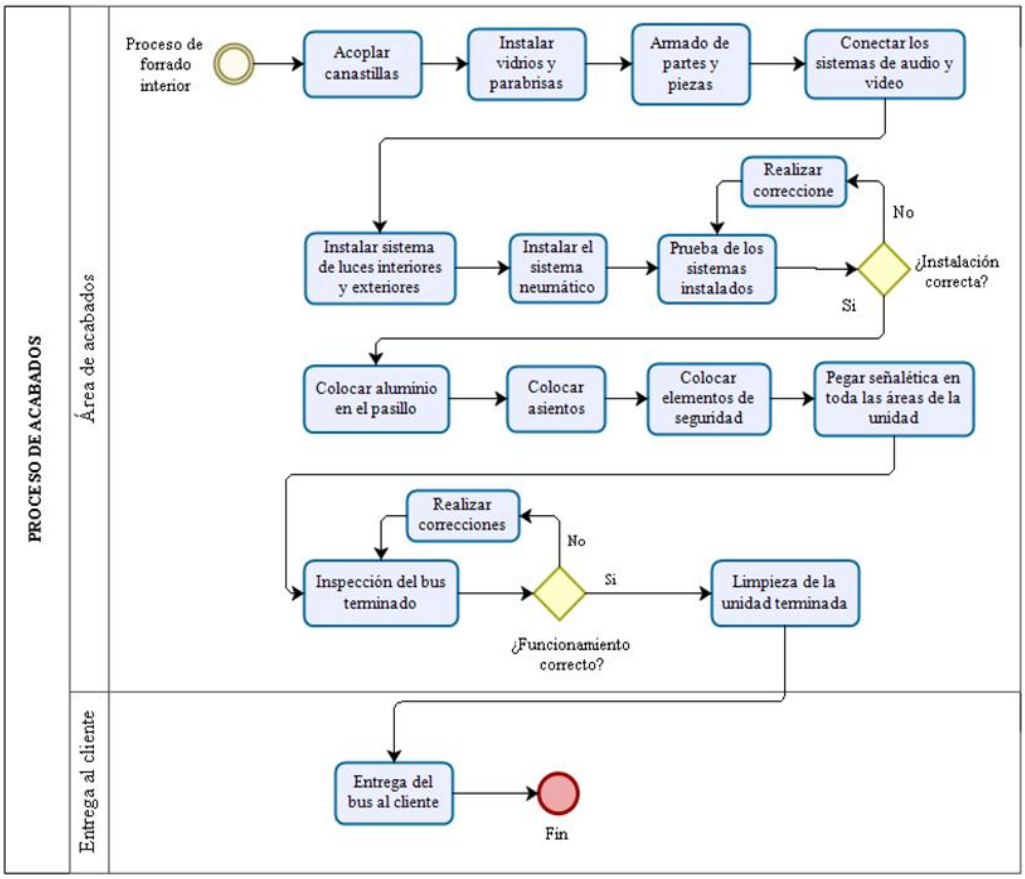
Pintura



Forrado interior



Acabados


PROCESO DE ACABADOS
Área de acabados
Entrega al cliente
Proceso de forrado interior
Acoplar canastillas
Instalar vidrios y parabrisas
Armado de partes y piezas
Conectar los sistemas de audio y video
Realizar correccione
No
Instalar sistema de luces interiores y exteriores
Instalar el sistema neumático
Prueba de los sistemas instalados
¿Instalación correcta?
Si
Colocar aluminio en el pasillo
Colocar asientos
Colocar elementos de seguridad
Pegar señalética en toda las áreas de la unidad
Realizar correcciones
No
Inspección del bus terminado
Si
Limpieza de la unidad terminada
¿Funcionamiento correcto?
Entrega del bus al cliente
Fin

Anexo 2. Formato de preguntas planteadas al gerente propietario de Metálicas Pillapa

A continuación, se presenta la transcripción textual de las respuestas proporcionadas a cada una de las preguntas:

1. **¿Para comenzar nos podría decir que es la calidad?**

2. **¿A qué se refiere con "cumplir con las expectativas del cliente"?**

3. **¿Cómo se realiza el control de calidad en su empresa?**

4. **¿Qué tipo de normativa de calidad posee su empresa actualmente?**

5. **¿Se ha implementado alguna herramienta o sistema de gestión de la calidad?**

6. **¿Ha recibido algún tipo de capacitación en control de calidad**

7. **¿Qué capacidad de producción tiene su empresa?**

8. **¿Existen planes de producción diaria para la elaboración del producto que fabrica su empresa?**

9. **¿Cumple con el plan de producción diario?**

10. **¿Existen procedimientos estándares de operación que describan la forma correcta de realizar las actividades de producción?**

11. ¿Cuál o cuáles áreas generan mayor problema a la hora de la fabricación de carrocerías?

12. ¿Emplea algún programa de innovación o mejora continua en su empresa?

13. ¿Existen programas de capacitación interna a los trabajadores respecto a la calidad?

14. ¿Capacita a su personal a su personal para llevar acabo sus tareas?

15. ¿Realiza comparaciones en cuanto a calidad de sus productos con otras empresas?

16. ¿Ha recibido reclamos por los productos entregados?

17. ¿Sus productos tienen garantía y cuáles son los términos?

18. ¿Realizan pruebas e inspección general de todos los sistemas de la unidad al finalizar la cadena de producción?

19. ¿La empresa ha implementado un sistema de control de fallas?

20. ¿Las entregas de las unidades se hacen a tiempo?

Anexo 3. Formato de inspección de calidad

	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**FICHA DE INSPECCIÓN DE CALIDAD**	**Código:** FIC-MP-00
		Versión: 00
		Páginas: /

Modelo de carrocería:

Orden de producción:

Fecha de revisión:

Responsable:

INSPECCIÓN DE ESTRUCTURA +-5									
N°	**PARTE A REVISAR**	Perno Sujeción	Calidad del cordón	Alineación	Protección anticorrosiva	Montaje	Dimensión	Diseño	**TOTAL**
1	Placas de anclaje								
2	Escuadras de estructura								
3	Estructura de piso								
4	Piso de chofer								
5	Lateral izquierdo								
6	Lateral derecho								
7	Bodega derecha								
8	Bodega izquierda								
9	Estructura de techo								
10	Estructura de frente								
11	Estructura de respaldo								
12	Bodegas entre ejes								
13	Bodega de túnel								
	TOTAL								

INSPECCIÓN DE FORRADO DE ESTRUCTURA										
N°	**PARTE A REVISAR**	Alineación	Estado de Superficie	Templado	Acople / Unión	Dimensión	Ahogado con fibra	Soldadura	Pegado	TOTAL
1	Forrado de techo									
3	Botaguas									
4	Forrado de lateral derecho									
5	Forrado de lateral izquierdo									
6	Forrado de faldón derecho									
7	Forrado de faldón izquierdo									
8	Forrado de frente									
9	Forrado de respaldo									
10	Forrado de bodegas									
11	Forrado piso bodegas									
12	Armado de compuertas									
13	Tapas y rejilla depurador									
14	Forrado de piso									
15	Forrado de respaldo interno									
16	Forrado de cabina									
17	Adaptado de consola									
18	Adaptado tablero									
	TOTAL									

INSPECCIÓN DE PINTADO											
N°	**PARTE A REVISAR**	Cobertura total	Chorreado	Acabado superficial	Marcas de lija	Piel de naranja	Contaminación con partículas	Porosidades	Piel de cocodrilo	Brillo	TOTAL
PREPARACIONES EXTERIORES											
1	Preparación techo										
2	Preparación frente										
3	Preparación respaldo										
4	Preparación de laterales										
PINTURA INTERIOR											
5	Revestimiento cabina										
6	Revestimiento respaldo interior										
7	Revestimiento de parantes verticales										
PINTURA EXTERIOR											
8	Revestimiento de techo										
9	Revestimiento respaldo										
10	Revestimiento frente										
11	Revestimiento lateral derecho										
12	Revestimiento lateral izquierdo										
13	Revestimiento exterior compuertas										
14	Revestimiento interior compuertas										
15	Revestimiento interior bodegas										
16	Revestimiento retrovisores relieves										
17	Revestimiento anticorrosivo bajo el bus										
	TOTAL										

INSPECCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y NEUMÁTICO										
N°.	**PARTE A REVISAR**	Flojo / Suelto	Nivel	Funcionamiento	Estado	Fugas	Montaje	Alineación	Pegaso/Sellado	TOTAL
COMPONENTES DE CHASIS										
1	Tanque de expansión (refrigerante)									
2	Filtros de combustible									
3	Filtros de aire									
4	Tanque de líquido de frenos									
5	Tanque de aceite hidráulico									
6	Tapa aceite de motor									
7	Cables mangueras bajo el chasis									

INSPECCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y NEUMÁTICO										
PARTE A REVISAR		Flojo / Suelto	Nivel	Funcionamiento	Estado	Fugas	Montaje	Alineación	Pegaso/Sellado	TOTAL
CARROCERÍA EXTERNA										
8	Antena tv, radio									
9	Cucuyas delanteras									
10	Luces: media y alta									
11	Cucuyas - guías									
12	Direccionales									
13	Cucuyas posteriores									
14	Luz media freno stop posterior									
15	Luz retro									
16	Luz de bodegas									
17	Luz de placas									
18	Motor de plumas									
19	Válvula de puerta pasajero									
20	Válvula de puerta principal									
21	Válvula escalón retráctil									
22	Válvula de mascarilla									
23	Válvulas de compuertas									
24	Base para batería									
CARROCERÍA EXTERNA-TABLERO										
25	Tacómetro panel de indicaciones									
26	Panel de instrumentos de carrocería									
27	Panel de aire acondicionado									
28	Panel de calefacción									
29	Movimiento del volante									
30	Chicharra retro									
31	Luces de cabina									
32	Luces salón									
33	Luces de techo									
34	Luces de canastillas									
35	TV - DVD									
36	Luces pasillo - techo									
37	Luces de grada									
38	Cámaras									
39	Parlantes									
40	Amplificador									
41	Desempañado									
	TOTAL									

INSPECCIÓN DE ACABADOS									
N°.	**PARTE A REVISAR**	Estado de superficie	Alineación	Funcionamiento	Limpieza	Aislamiento	Sujeción	Sellado	TOTAL
INTERIORES									
1	Techo								
2	Canastillas								
3	Asientos de cabina								

4	Tapis de piso								
5	Tapa de caja de cambio								
6	Asideros verticales y horizontales								
7	Basureros								
8	Área silla de ruedas								
9	Consola								
10	Tapas y molduras								
11	Tablero								
12	Asientos de pasajeros								
13	Pasamanos y manillas								
14	Expulsa vidrios								
15	Extintor								
16	botiquín								
17	Bloqueo de acelerador								
18	Indicador de velocidad								
19	Panel de instrumentos								
20	Ventanas								
21	Retrovisores								
22	Parabrisas delantero								
23	Parabrisas posterior								
24	Baño								
25	Cortinas								
26	Forros								
27	Manuales y controles								
28	Llaves de accesorios								
29	Limpieza interna								
EXTERIORES									
30	Frente								
31	Retrovisores								
32	Lateral derecho								
33	Respaldo								
34	Cubre lodos								
35	Lateral izquierdo								
36	Puerta pasajeros								
37	Vidrios								
38	Luces								
	TOTAL								

Elaborado por: _____ Cargo: _____	**Firma**	Aprobado por: _____ Cargo: _____	**Firma**

Anexo 4. Cuestionario dirigido a los clientes internos (operarios) de Metálicas Pillapa

CARROCERÍA METÁLICAS PILLAPA

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS CLIENTES INTERNOS

Objetivo:

El presente cuestionario tiene como objetivo recolectar información acerca de los tipos de requerimientos de los clientes con respecto al producto, dicha información será utilizada por el Supervisor de Calidad y por la Gerencia de la empresa para la toma de decisiones en beneficio del bienestar común de la empresa y de sus trabajadores.

CUESTIONARIO

En cada una de las preguntas planteadas usted debe marcar con un circulo el número que va de 1 a 5 de la casilla de respuestas posibles. Encierre en un círculo la el número que usted cree que corresponde a la realidad de lo que sucede en el día a día de la producción.

ÁREA DE ESTRUCTURA		
No.	**Pregunta**	**Respuestas posibles**
1ª	Si los materiales de fabricación son de la misma calidad, ¿Como se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
1b	Si los materiales de fabricación no son de la misma calidad, ¿Como se sentiría	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
2ª	Si los elementos de trabajo se encuentran en óptimas condiciones, ¿Cómo se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
2b	Si los elementos de trabajo no se encuentran en óptimas condiciones, ¿Cómo se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
3ª	Si las dimensiones de la carrocería son adecuadas, ¿Cómo se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual.

		4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
3b	Si las dimensiones de la carrocería no son adecuadas, ¿Cómo se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
4ª	Si las piezas se encuentran colocadas perfectamente, ¿Como resentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
4b	Si las piezas se encuentran colocadas perfectamente, ¿Como resentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
5ª	Si las soldaduras no presentan porosidades, ¿Cómo se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
5b	Si las soldaduras no presentan porosidades, ¿Cómo se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
ÁREA DE FORRADO		
1ª	Si las superficies de la estructura son regulares, ¿cómo resentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
1b	Si las superficies de la estructura no son regulares, ¿cómo resentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
2ª	Si las superficies de la estructura no poseen salpicaduras o proyecciones de suelda, ¿Cómo se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero
2b	Si las superficies de la estructura no poseen salpicaduras o proyecciones de suelda, ¿Cómo se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual.

		4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero
3a	Si el ahogado con fibra se encuentra sin fisuras, ¿Como se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero
3b	Si el ahogado con fibra no se encuentra sin fisuras, ¿Como se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero
4ª	Si el templado se encuentra sin abolladuras u olas, ¿Cómo se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero
4b	Si el templado se encuentra sin abolladuras u olas, ¿Cómo se sentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero
5ª	Si el terminado de la superficie se encuentra perfectamente lijada y limpia, ¿cómo resentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
5b	Si el terminado de la superficie no se encuentra perfectamente lijada y limpia, ¿cómo resentiría?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 5. Cuestionario dirigido a los clientes internos (clientes finales) de Metálicas Pillapa.

CARROCERÍA METÁLICAS PILLAPA
CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS CLIENTES EXTERNOS

Objetivo:

El presente cuestionario tiene como objetivo recolectar información acerca de los tipos de requerimientos de los clientes con respecto al producto, dicha información será utilizada por el Supervisor de Calidad y por la Gerencia de la empresa para la toma de decisiones en beneficio del bienestar común de la empresa y de sus trabajadores.

CUESTIONARIO

En cada una de las preguntas planteadas usted debe marcar con un circulo el número que va de 1 a 5 de la casilla de respuestas posibles. Encierre en un círculo la el número que usted cree que corresponde a la realidad de lo que sucede en el día a día de la producción.

No.	Pregunta	Respuestas posibles
1ª	Si la carrocería se entrega a tiempo, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
1b	Si la carrocería no se entrega a tiempo, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
2ª	Si la carrocería se entrega completa, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
2b	Si la carrocería no se entrega completa, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
3ª	Si los materiales de fabricación son de la misma calidad, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.

3b	Si los materiales de fabricación no son de la misma calidad, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
4ª	Si el terminado de la superficie se encuentra perfectamente limpia, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
4b	Si el terminado de la superficie no se encuentra perfectamente limpia, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
5ª	Si la carrocería cuenta con garantía, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
5b	Si la carrocería no cuenta con garantía, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
6ª	Si la carrocería cuenta con certificaciones, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.
6b	Si la carrocería no cuenta con certificaciones, ¿Cómo se siente?	1. Me gusta. 2. Es algo básico. 3. Me da igual. 4. No me gusta, pero lo tolero. 5. No me gusta y no lo tolero.

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 6. Clasificación de los requerimientos obtenidos con la tabla de Kano para clientes internos y externos.

CLASIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

CLIENTES INTERNOS - ÁREA DE ARMADO DE ESTRUCTURA

Número y contenido abreviado de la pregunta	A	U	O	Inv.	D	I	C
Dimensiones adecuadas	25	5	3	0	0	6	A
Piezas colocadas correctamente	27	3	5	0	0	4	A
Materiales de fabricación son de la misma calidad	8	6	2	0	0	23	I
Porosidades en los puntos de suelda	19	5	1	0	0	14	A
Alineación	20	0	1	0	0	18	A

Los resultados de la clasificación de los requerimientos de os clientes internos pueden ordenarse de la manera siguiente:

Requerimientos atractivos (A):
1.- Dimensiones adecuadas
2.- Piezas colocadas correctamente
4.- Porosidades en los puntos de suelda
5.- Alineación

Requerimientos unidimensionales (U): No hay

Requerimientos obligatorios (O): No hay

Requerimientos indiferentes (I):
3.- Materiales de fabricación son de la misma calidad

Requerimientos dudosos (D): No hay

Requerimientos inversos (Inv.): No hay

Significado de los encabezamientos de las columnas: A, Atractivo; O, Obligatorio; U, Unidimensional; Inv., pregunta Inversa; D, pregunta Dudosa; I, Indiferente; C, Clasificación del requerimiento.

CLIENTES INTERNOS - ÁREA DE FORRADO

Número y contenido abreviado de la pregunta	A	U	O	Inv.	D	I	C
1. Superficies regulares	24	5	1	0	0	9	A
2. Salpicaduras/ Proyecciones de soldadura	25	3	4	0	0	7	A
3. Ahogado con fibra	20	0	4	0	0	15	A
4. Templado	22	0	1	0	0	16	A
5. Terminado de superficie	19	0	5	0	0	15	A

Los resultados de la clasificación de los requerimientos de os clientes internos pueden ordenarse de la manera siguiente:

Requerimientos atractivos (A):
1.- Superficie regular
2.- Salpicadura/ Proyección
3.- Ahogado con fibra
4.- Templado
5.- Terminado superficie

Requerimientos unidimensionales (U): No hay

Requerimientos obligatorios (O): No hay

Requerimientos indiferentes (I): No hay

Requerimientos dudosos (D): No hay

Requerimientos inversos (Inv.): No hay

Significado de los encabezamientos de las columnas: A, Atractivo; O, Obligatorio; U, Unidimensional; Inv., pregunta Inversa; D, pregunta Dudosa; I, Indiferente; C, Clasificación del requerimiento.

CLASIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS							
CLIENTES EXTERNOS							
Número y contenido abreviado de la pregunta	A	U	O	Inv.	D	I	C
1. Entrega a tiempo de la carrocería	6	2	0	0	0	4	A
2. Entrega completa de la carrocería	0	9	2	0	0	1	U
3. Materiales de fabricación son de la misma calidad	0	7	2	0	0	3	U
4. La carrocería cuenta con garantía	0	2	10	0	0	0	O
5. Terminado de la superficie se encuentra perfectamente lijada y limpia	0	10	0	0	0	2	U
6. Las carrocerías cuentan con certificaciones	0	2	9	0	0	1	O

Los resultados de la clasificación de los requerimientos de os clientes internos pueden ordenarse de la manera siguiente:

Requerimientos atractivos (A):

1.- Entrega a tiempo de la carrocería

Requerimientos unidimensionales (U):

2.- Entrega completa de la carrocería

3.- Materiales de fabricación son de la misma calidad

5.- Terminado de la superficie se encuentra perfectamente lijada y limpia

Requerimientos obligatorios(O):

4.- La carrocería cuenta con garantía

6.- Las carrocerías cuentan con certificaciones

Requerimientos indiferentes (I):

No hay

Requerimientos dudosos (D):

No hay

Requerimientos inversos (Inv.):

No hay

Significado de los encabezamientos de las columnas: A, Atractivo; O, Obligatorio; U, Unidimensional; Inv., pregunta Inversa; D, pregunta Dudosa; I, Indiferente; C, Clasificación del requerimiento.

Anexo 7. Observación de fallas- áreas de producción

Código: **FRI-MP-00**	**METÁLICAS PILLAPA**																																						
	Modelo de carrocería: ALFA 7										**Fecha de revisión:** 18/10/2018										**Cantidad:** 12 carrocerías														**Responsable:** Oscar Pilla				
	MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE ESTRUCTURADO																																						
	Defectos (Partes a revisar)																																						
Cantidad	Placas de anclaje				Escuadras de		Estructura de piso				Piso de chofer		Lateral izquierdo/ derecho				Bodega derecha/				Estructura de techo				Estructura de frente				Estructura de respaldo				Bodegas entre ejes			Bodega de túnel			Total defectos
	Pernos de sujeción	Alineación	Dimensión	Diseño	Calidad del cordón	Montaje	Calidad del cordón	Alineación	Dimensión	Diseño	Montaje	Dimensión	Calidad del cordón	Alineación	Dimensión	Diseño	Calidad del cordón	Montaje	Dimensión	Diseño	Calidad del cordón	Protección anticorro.	Dimensión	Diseño	Calidad del cordón	Alineación	Dimensión	Diseño	Calidad del cordón	Alineación	Dimensión	Diseño	Calidad del cordón	Dimensión	Diseño	Calidad del cordón	Dimensión	Diseño	
1				1						1										1				2				1	2							1			9
2						1						1			1				1			1										1			1			7
3		1				1										1							2		2							1						8
4									2				2				2													2				2			2		12
5					1		2													1	2							1				1					1	9
6	1							1			1					2					1					2				2			1			2			13
7						2													2				2		2				2										10
8												1	2				2											1				2			2			10
9		1			1				1					1						1		1												1	1			8
10					1					2						1								2					1			3					1	8
11							2								2			2											2				2						10
12						1				2										1	2						1				1					1		9
Total de defectos	4				8		13				3		12				13				15				10				14				9			12			∑= 113

Código: **FRI-MP-00**	**METÁLICAS PILLAPA**																																						
	Modelo de carrocería: ALFA 7															**Fecha de revisión:** 18/102018											**Responsable:** Oscar Pilla											
	MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE FORRADO																																						
	Defectos (Partes a revisar)																																						
Cantidad	Forrado de techo					Claraboya	Forrado de lateral derecho/ izquierdo					Forrado de faldón derecho/ izquierdo					Forrado frente					Forrado respaldo					Forrado bodegas		Armado de compuertas					Forrado de piso			Forrado de respaldo interno		Forrado de cabina					Total defectos
	Alineación	Templado	Acople	Ahogado con fibra	Pegado	Alineación	Estado de superficie	Templado	Soldadura	Pegado	Alineación	Estado de superficie	Dimensión	Soldadura	Pegado	Alineación	Acople	Ahogado con fibra	Pegado	Alineación	Acople	Ahogado con fibra	Pegado	Acople	Pegado	Alineación	Estado de superficie	Dimensión	Soldadura	Alineación	Acople	Pegado	Alineación	Pegado	Estado de superficie	Acople	Ahogado con fibra	Pegado	
1					1					1									1					2										1						6
2	1														2			2				1							1			1							8
3								1				1												1					1									1	5
4	2									1				2					2								2						1						10
5			2			1			2								2				2				2							2		1				14
6				2											1				1					1		2									2			6
7										1														1					1		1		1						5
8						1	3					2						4						1			4											3	18
9		1								2									2											1	1								7
10					1				2								1								1					2								1	6
11	3					1							2			1								2									1					1	13
12					1						1								1						1			1						2				7
Total de defectos	14					3	15				11					17				10				5		14				3			6		11				∑= 104

Código: FRI-MP-00	**METÁLICAS PILLAPA**														
	Modelo de carrocería: ALFA 7				**Fecha de revisión:** 18/102018			**Cantidad:** 12 carrocerías				**Responsable:** Oscar Pilla			
	MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE PINTURA														
	Defectos (Partes a revisar)														
	Preparaciones exteriores				**Pintura interior**			**Pintura exterior**							Total
Cantidad	Techo	Frente	Respaldo	Laterales	Cabina	Respaldo interior	Parantes verticales	Techo	Respaldo	Frente	Lateral derecho/ izquierdo	Bodegas	Retrovisores	Bajo el bus	
1		1	1						2		1	1			6
2					1				1	1				1	4
3			1	1	1	1	1		1	1		1			8
4	1			1				1	2						5
5		2	1		1	1		3		2	1	2	1		14
6		1	1			2				1				2	7
7		1		1	1	1			2	1	1	2			10
8	2			2	2		1			1	1	2	1	3	15
9		1	1				1	1	1			1	1	2	9
10	1			1		2			1	1				1	7
11		1	1	1	1		2		1	1		2			10
12	1		1			1				1				1	5
Total	5	7	7	7	7	8	5	5	11	10	4	11	3	10	∑= 100

Código: FRI-MP-00	**METÁLICAS PILLAPA**																	
	Modelo de carrocería: ALFA 7						**Fecha de revisión:** 18/102018				**Cantidad:** 12 carrocerías				**Responsable:** Oscar Pilla			
	MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE ACABADO																	
	Defectos (Partes a revisar)																	
	Exteriores								**Interior**									Total
Cantidad	Cubre lodos	Puerta	Luces	Componentes del chasis	Frente	Respaldo	Lateral derecho/ Izquierdo	Válvulas/ pistones	Techo/ Costados	Tapis de piso	Consola	Tapas y molduras	Tablero	Panel de instrumentos	Asientos	Luces	Audio y video	
1		1												1			1	3
2		1						1		1		1						4
3			1		1	2		1	1				1			3		10
4	1						1		1					1			1	5
5		1	2		1			1		1	1					1		8
6			1	1		1		1	1	1		1			2	1	1	11
7		1				2	1				1		1					6
8					1		1		1			1						4
9			2	1		1	2	1		1		1		1		2		12
10			1		1					1	1					1		5
11									1			1					1	3
12		1				2	1				1		1					6
Total	1	5	7	2	4	8	6	5	5	5	4	5	3	3	2	8	4	∑= 77

Anexo 8. Muestreo realizado a los proceso de fabricación de carrocerías

MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD				
	PROCESO	**UNIDADES PRODUCIDAS**	**NUMERO DE OPORTUNIDADES**	**OBSERVACION**
ALFA 7	Armado de estructura	113	11	Las unidades corresponden a secciones de la estructura revisadas durante el estudio: Placas de anclaje, Escuadras, Pisos, Laterales, Bodegas, Techo, Frente, Respaldo.
ALFA 7	Forrado exterior de la estructura	104	11	Las unidades corresponden a partes del forrado exterior de la carrocería: Techo, Claraboyas, Laterales, Faldones, Frente, Respaldo, Bodegas, Compuertas, Cabina, Respaldo interior.
	Pintado	100	14	Las unidades corresponden a las áreas de la carrocería pintadas: Techo, Frente, Respaldo, Laterales, Cabina, Respaldo interior, Parantes verticales, Bodegas, Retrovisores, Bajo el bus.
	Acabados	77	17	Las unidades corresponden a las secciones de la carrocería en el área de acabado: Cubre lodos, Puertas, Luces exteriores/ interiores, Componentes del chasis, Frente, Respaldo, Laterales, Válvulas/Pistones, Techo interior, Tapis, Consola, Tapas y molduras, Tablero.

Anexo 9. Formato para análisis de mediciones de nivel Sigma- Metálicas Pillapa

	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**REGISTRO DE MEDICIONES DEL NIVEL DE CALIDAD SIGMA**	**Código:** RMNCS-MP-00
		Versión: 00
		Páginas: /

PROCESO	NÚMERO DE UNIDADES	NÚMERO DE EFECTOS	NUMERO DE OPORTUNIDADES	TOTAL, DE OPORTUNIDADES	DPMO	NIVEL SIGMA	DESCRIPCIÓN DE OPORTUNIDADES DE DEFECTO POR UNIDADES
						Rendimiento	
Armado de estructura	12	113	11	121	856060,60	0,44 14,39%	Calidad del cordón, Mala alineación, Elementos mal realizado el montaje, Dimensiones mayores o menores.
Forrado exterior de la estructura	12	104	11	121	787878,78	0,70 21,21%	Mala alineación, Estado de superficie, Mal temple del tol, Dimensiones mayores o menores, Pegado, Montaje.
Pintado	12	100	14	168	595238,09	1,26 40,47%	Cobertura total, Chorreado, Marcas de lija, Contaminación con partícula, Porosidades.
Acabados	12	77	17	204	377450,98	1,81 62,25%	Estado de equipos, Alineación, Funcionamiento, Sellado, Unión/Sujeción, Aislamiento, Montaje.
PROMEDIO TOTAL	12	98,5	13,25	153,5	619496,85	1,20σ 38,5%	

Elaborado por: Oscar Pilla **Cargo:** Investigador	**Revisado por:** Ing. Ana Pilco **Cargo:** Tutor	**Aprobado por:** Tnlg. Leonardo Pillapa **Cargo:** Tutor empresarial

Anexo 10. Tablas del grado de severidad, ocurrencia y detección utilizado para formar la matriz AMEF

TABLA 14.1 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla.

EFECTO	CRITERIOS: SEVERIDAD DEL EFECTO SOBRE EL CLIENTE FINAL Y/O SOBRE EL PROCESO DE MANUFACTURA	PUNTUACIÓN
Peligroso-sin aviso	Cliente: muy alto grado de severidad cuando el modo de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con previo aviso. Proceso: puede dañar al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso.	10
Peligroso-con aviso	Cliente: muy alto grado de severidad cuando el modo de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin previo aviso. Proceso: puede dañar al operador (máquina o ensamble) con previo aviso.	9
Muy alto	Cliente: el producto o la parte son inoperables, debido a la pérdida de su función primaria. Proceso: el 100% de la producción puede tener que ser desechada o reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo mayor de una hora.	8
Alto	Cliente: el producto/parte operable, pero con bajo nivel de desempeño. Proceso: el producto tiene que ser clasificado y una porción (menor al 100%) desechada o el producto/parte reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo entre 30 y 60 minutos.	7
Moderado	Cliente: el producto/parte operable, pero con dispositivos de confort/conveniencia inoperables. El cliente está insatisfecho. Proceso: una porción (menor al 100%) del producto puede tener que ser desechada sin clasificación o el producto/parte reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo de media hora.	6
Bajo	Cliente: el producto/parte operable, pero con dispositivos de comodidad/conveniencia operado en un nivel reducido de desempeño. Proceso: el 100% del producto puede tener que ser retrabajado o el producto/parte reparado fuera de la línea, pero no tiene que ir al departamento de reparaciones.	5
Muy bajo	Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto es apreciado por la mayoría de los clientes (más del 75%). Proceso: el producto puede tener que ser clasificado sin desperdicio y una porción (menos de 100%) retrabajarse.	4
Menor	Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto lo notan 50% de los clientes. Proceso: una porción (menor a 100%) del producto puede tener que ser retrabajada sin desperdicio en la línea pero fuera de la estación.	3
Mínimo	Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto lo notan sólo clientes exigentes (menos del 25%). Proceso: una porción (menor al 100%) del producto puede tener que ser retrabajada sin desperdicio en la línea pero en la estación.	2
Ninguno	Cliente: sin efecto apreciable para el cliente. Ligeros inconvenientes de operación o para el operador. Proceso: sin efecto para el proceso.	1

TABLA 14.2 Criterios para la calificación de la probabilidad de ocurrencia de las causas potenciales de falla.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA CAUSA QUE PROVOCA LA FALLA	TASA DE FALLA	PUNTUACIÓN
Muy alta: Fallas persistentes	> 100 por cada mil piezas 50 por cada mil piezas	10 9
Alta: Fallas frecuentes	20 por cada mil piezas 10 por cada mil piezas	8 7
Moderada: Fallas ocasionales	5 por cada mil piezas 2 por cada mil piezas 1 por cada mil piezas	6 5 4
Baja: Relativamente pocas fallas	0.5 por cada mil piezas 0.1 por cada mil piezas	3 2
Remota: la falla es improbable	0.01 por cada mil piezas	1

Anexo 11. Oferta académica de cursos de capacitación y actualización profesional

Anexo 12. Formato de registro de asistencia a capacitación.

	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**REGISTRO DE ASISTENCIA A CAPACITACIÓN**	**Código:** RAC-MP-00
		Versión: 00
		Páginas: /

Tema:		Fecha:	
Instructor (es):		Hora:	

N°	Nombres y Apellidos	Cargo	N° de cedula	Firma
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Observaciones:

---------- ----------

Instructor Gerente

Anexo 13. Formato de registro de mantenimiento de máquinas y calibración de equipos

	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS**	**Código:** RMMCE-MP-00
		Versión: 00
		Páginas: /

Nombre del equipo:
Tipo de equipo:
Marca:
Modelo:
Serie:

Fecha de realización de ……/……/……		**Descripción de la actividad realizada**	**Nombre del profesional o técnico**	**Firma del profesional o técnico**
Mantenimiento	**Calibración**			

Observaciones:

Elaborado por: _____ Cargo: _____	**Firma**	Aprobado por: _____ Cargo: _____	**Firma**

Anexo 14. Formato de registro competencia del personal

	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**REGISTRO DE COMPETENCIA DEL PERSONAL**	**Código:** RCDP-MP-00
		Versión: 00
		Páginas: /

Responsable:	
Fecha:	

Puesto de trabajo	Referencia de formación	Referencia de experiencia

Observaciones:

Elaborado por: _____ Cargo: _____	**Firma**	Aprobado por: _____ Cargo: _____	**Firma**

Anexo 15. Formato de registro compra/recepción de materia prima de accesorios

	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**REGISTRO DE COMPRA/RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA DE ACCESORIOS**	**Código:** RCRMPA-MP-00
		Versión: 00
		Páginas: /

N°	Materia prima/Accesorios	Proveedor	Fecha de recepción (dd/mm/aaaa)	Cantidad pedida	Cantidad recibida	Acepta la entrega	Responsable	Observaciones

Elaborado por: _____ Cargo: _____	**Firma**	Aprobado por: _____ Cargo: _____	**Firma**

Anexo 16. Formato de registro control de producción de carrocerías

	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**REGISTRO DE CONTROL DE PRODUCCIÓN DE CARROCERÍAS**	**Código:** RCPC-MP-00
		Versión: 00
		Páginas: /

Modelo de carrocería:

Orden de producción:

Fecha de revisión:

Responsable:

Proceso	Actividades	Fecha		Área/ Ubicación	Responsable	% de producción
		Inicio	Fin			
Recepción de chasis y orden de producción	Pedido del modelo de corroería					5%
	Generar orden de producción					
	Abastecer de materia prima (MP)					
	En bodega, almacenamiento de materia prima					
	Preparación de MP					
	Registro de datos del chasis					
	Transporte del chasis al área de recepción y entrega					
	Inspección del chasis					
Armado de estructura	Desconectar elementos eléctricos y elementos					25%
	Construcción de anclajes					
	Montaje y ajuste de anclajes					
	Montaje de suples					
	Armado de piso					
	Colocar de sócalos					
	Colocar de laterales					
	Montaje de cerchas					
	Tejer estructura del techo					
	Tejer estructura del piso					
	Completar estructura principal y rematar con soldadura					
	Montaje de faldones					
	Estructurar bodegas					
	Colocar perfiles de bodegas					
	Montaje de cejas en las bodegas					
	Construir estructura de frente					

	Construir estructura de respaldo					
	Construir estructura de cabina					
	Construir estructura de puerta de pasajeros y puerta principal					
	Fondear la estructura					
Forrado exterior	Forrado de techo exterior					20%
	Montaje de claraboyas					
	Instalar base de retrovisores					
	Preparar forros para costados					
	Forrado de costados exteriores					
	Forrado frente					
	Forrado respaldo					
	Forrado piso pasajeros					
	Forrado de gradas					
	Forrado respaldo interior					
	Forrado de faldones					
	Forrado de cabina incluye puertas					
	Forrado de lados de las bodegas					
	Montaje de compuertas de bodegas					
	Forrado piso de bodegas					
	Montaje de guardafangos de tol y estribo					
	Cuadrar consola					
	Cuadrar las fibras interiores de la cabina					
	Colocación de aislante acústico y térmico					
Pintura	Pulir el exceso de soldadura					15%
	Ahogar el frente y respaldo con el techo					
	Sopletear la estructura					
	Preparación de: frente, respaldo, techo, cabina y faldones					
	Lijar masilla					
	Limpiar y desengrasar carrocería externa					
	Pegar cauchos					

	Preparación otros elementos de fibra u tol que van al interior de la carrocería					
	Preparación de consola, forro de ventana tras de la puerta de pasajeros					
	Preparación de elementos que van al exterior de la carrocería					
	Preparación de forros de fibra de: puerta de pasajeros y de cabina, forro de lado del chofer					
	Pintar los elementos de fibra y tol que van al interior y exterior de la carrocería					
	Aplicar fondo de anclaje					
	Aplicar de fondo de relleno					
	Lijar fondo					
	Preparar pintura					
	Aplicar pintura					
	Aplicar barniz					
	Secado					
Forrado interior	Instalación de cableado eléctrico					10%
	Montaje de forros centrales del techo interior					
	Montaje de forros de los costados del techo interior					
	Instalar cerco de claraboyas					
	Montaje de tapa tubos					
	Tapizar piso					
	Tapizar cabina y piso de chofer					
	Instalar filo de gradas					
	Montaje de consola					
	Instalar vidrios y sellar					
	Instalar y sellar vidrios para cabina y puerta de cabina					
	Perforar para instalar luces cucuyas en los costados					
	Armar puerta y marco de cabina					
	Montaje de parabrisas posterior					

Acabados	Montaje de canastillas					20%
	Montaje de asientos					
	Montaje de puerta chofer, mecanismos y tapas					
	Montaje de parabrisas delantero					
	Armado de retrovisores					
	Montaje de faros delanteros y neblineros					
	Instalación de luces medias de costado y de stop					
	Montaje de faros posteriores y guías direccionales de arriba					
	Instalación de luces del pasillo					
	Sellado exterior de: vidrios, luces y parabrisas					
	Instalación de caucho en las puertas de bodegas y pasar cables de luces en las bodegas					
	Montaje de portamaletas y mecanismos de llanta de emergencia					
	Instalación de bloqueos en puertas de bodegas					
	Forrado de guardafangos					
	Montaje de T. V					
	Montaje de antena de radio y T. V					
	Montaje de parlantes de la cabina del chofer					
	Ensamblar tablero					
	Construir e instalar caja para DVD					
	Montaje de basurero					
	Montaje de los instrumentos de control incluido pantalla de cámara posterior					
	Instalación de válvulas para abrir y cerrar todas las puertas					
	Instalar los interruptores de todas las luces					

	Montaje del asiento del chofer y del controlador					
	Instalar piola, sujetadores incluye cortinas					
	Instalar martillos rompe vidrios					
	Montaje del retrovisor interno					
	Luces de la cabina del chofer incluido la del estribo					
	Colocar número de asientos					
	Instalar cámaras					
	Conectar radio y televisión					
	Instalar la alarma					
	Colocar botiquín					
	Limpieza de la unidad					
Control de calidad	Prueba de los sistemas de la unidad					5%
	Alistar unidad para la entrega					
	Entrega del bus al cliente					

Elaborado por: _____ Cargo: _____	**Firma**	Aprobado por: _____ Cargo: _____	**Firma**

Anexo 17. Formato de registro cambio/ actualización de documentos

	CONTROL DE CALIDAD	
METALICAS PILLAPA	**REGISTRO DE CAMBIO/ ACTUALIZACIÓN DE DOCUMENTOS**	**Código:** RCAC-MP-00
		Versión: 00
		Páginas: /

Historial de actualización de documentos

N°	Código del documento	Versión	Creado por	Descripción del cambio

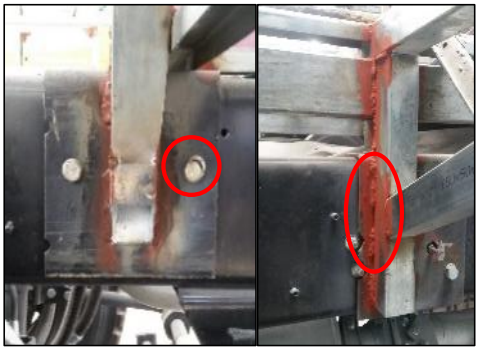
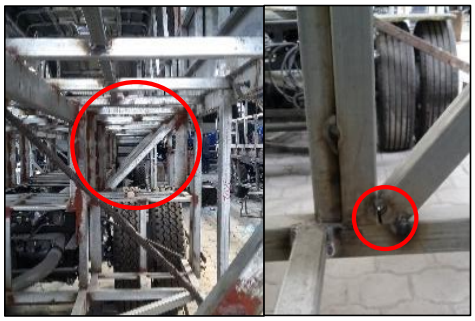
Observaciones:

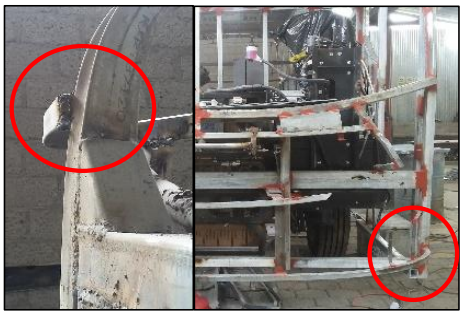
Anexo 18. Tabla niveles Sigma (Process Sigma)

Abridged Process Sigma Conversion Table

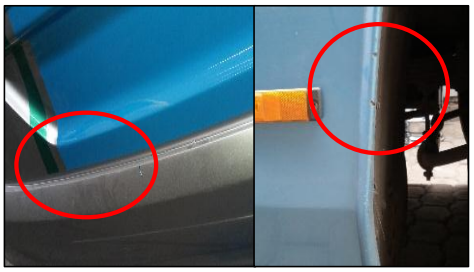
Long-Term Yield	*Process Sigma*	*Defects Per 1,000,000*	*Defects Per 100,000*	*Defects Per 10,000*	*Defects Per 1,000*	*Defects Per 100*
99.99966%	6.0	3.4	0.34	0.034	0.0034	0.00034
99.9995%	5.9	5	0.5	0.05	0.005	0.0005
99.9992%	5.8	8	0.8	0.08	0.008	0.0008
99.9990%	5.7	10	1	0.1	0.01	0.001
99.9980%	5.6	20	2	0.2	0.02	0.002
99.9970%	5.5	30	3	0.3	0.03	0.003
99.9960%	5.4	40	4	0.4	0.04	0.004
99.9930%	5.3	70	7	0.7	0.07	0.007
99.9900%	5.2	100	10	1.0	0.1	0.01
99.9850%	5.1	150	15	1.5	0.15	0.015
99.9770%	5.0	230	23	2.3	0.23	0.023
99.9670%	4.9	330	33	3.3	0.33	0.033
99.9520%	4.8	480	48	4.8	0.48	0.048
99.9302%	4.7	680	68	6.8	0.68	0.068
99.9040%	4.6	960	96	9.6	0.96	0.096
99.8650%	4.5	1,350	135	13.5	1.35	0.135
99.8140%	4.4	1,860	186	18.6	1.86	0.186
99.7450%	4.3	2,550	255	25.5	2.55	0.255
99.6540%	4.2	3,460	346	34.6	3.46	0.346
99.5340%	4.1	4,660	466	46.6	4.66	0.466
99.3790%	4.0	6,210	621	62.1	6.21	0.621
99.1810%	3.9	8,190	819	81.9	8.19	0.819
98.930%	3.8	10,700	1,070	107	10.7	1.07
98.610%	3.7	13,900	1,390	139	13.9	1.39
98.220%	3.6	17,800	1,780	178	17.8	1.78
97.730%	3.5	22,700	2,270	227	22.7	2.27
97.130%	3.4	28,700	2,870	287	28.7	2.87
96.410%	3.3	35,900	3,590	359	35.9	3.59
95.540%	3.2	44,600	4,460	446	44.6	4.46
94.520%	3.1	54,800	5,480	548	54.8	5.48
93.320%	3.0	66,800	6,680	668	66.8	6.68
91.920%	2.9	80,800	8,080	808	80.8	8.08
90.320%	2.8	96,800	9,680	968	96.8	9.68
88.50%	2.7	115,000	11,500	1,150	115	11.5
86.50%	2.6	135,000	13,500	1,350	135	13.5
84.20%	2.5	158,000	15,800	1,580	158	15.8
81.60%	2.4	184,000	18,400	1,840	184	18.4
78.80%	2.3	212,000	21,200	2,120	212	21.2
75.80%	2.2	242,000	24,200	2,420	242	24.2
72.60%	2.1	274,000	27,400	2,740	274	27.4
69.20%	2.0	308,000	30,800	3,080	308	30.8
65.60%	1.9	344,000	34,400	3,440	344	34.4
61.80%	1.8	382,000	38,200	3,820	382	38.2
58.00%	1.7	420,000	42,000	4,200	420	42
54.00%	1.6	460,000	46,000	4,600	460	46
50%	1.5	500,000	50,000	5,000	500	50
46%	1.4	540,000	54,000	5,400	540	54
43%	1.3	570,000	57,000	5,700	570	57
39%	1.2	610,000	61,000	6,100	610	61
35%	1.1	650,000	65,000	6,500	650	65
31%	1.0	690,000	69,000	6,900	690	69
28%	0.9	720,000	72,000	7,200	720	72
25%	0.8	750,000	75,000	7,500	750	75
22%	0.7	780,000	78,000	7,800	780	78
19%	0.6	810,000	81,000	8,100	810	81
16%	0.5	840,000	84,000	8,400	840	84
14%	0.4	860,000	86,000	8,600	860	86
12%	0.3	880,000	88,000	8,800	880	88
10%	0.2	900,000	90,000	9,000	900	90
8%	0.1	920,000	92,000	9,200	920	92

Anexo 19. Identificación de defecto en los procesos de fabricación de carrocerías

Proceso de Armado de Estructura		
Zonas de inspección	**Tipo de defecto**	**Imagen**
– **Placas de anclaje**	Perno de sujeción Diseño Porosidades Falta de penetración	
– **Escuadras de estructura**	Calidad del cordón Exceso de penetración Alineación	
– **Estructura de piso**	Soldadura de uniones Alineación	
– **Lateral izquierdo** – **Lateral derecho**	Soldadura de uniones Grietas Dimensiones Alineación	

– **Bodega derecha** – **Bodega izquierda**	Calidad del cordón Dimensión Diseño	
– **Estructura de techo**	Dimensiones Porosidades Exceso de penetración	
– **Estructura de frente** – **Estructura de respaldo**	Fisuras Falta de penetración Calidad del cordón Alineación Dimensión	
Proceso de Forrado Exterior		
Zonas de inspección	**Tipo de defecto**	**Imagen**
– **Forrado de techo**	Mala aplicación de sikaflex Mal ahogado con fibra Fibra de vidrio mal instalado	

– **Forrado de lateral derecho** – **Forrado de lateral izquierdo**	Templado Soldadura Arrugado de tol Marcas de pulido	
– **Forrado de faldón derecho** – **Forrado de faldón izquierdo** – **Forrado de frente** – **Forrado de respaldo** – **Forrado de respaldo interno**	Arrugado de tol Fibra de vidrio rota Manchas de sikaflex Mala alineación Mala aplicación de sikaflex	
– **Forrado de bodegas**	Mala alineación Dimensiones Uniones	
– **Forrado de piso**	Estado del tol Soldadura	
Proceso de pintado		
Zonas de inspección	**Tipo de defecto**	**Imagen**
– **Revestimiento de techo**	Contaminación con partículas Brillo no uniforme	

– **Revestimiento respaldo** – **Revestimiento frente** – **Revestimiento lateral derecho** – **Revestimiento lateral izquierdo** – **Revestimiento exterior compuertas**	Chorreado Marca de lija Contaminación con partículas Mal lijado de superficie Mala aplicación de pintura	
– **Revestimiento interior compuertas**	Chorreado Contaminación con partículas Porosidades	
– **Revestimiento interior bodegas**	Mala aplicación de pintura	
– **Revestimiento anticorrosivo bajo el bus**	Falta de cubertura total Chorreado	
Proceso de Terminado		
Zonas de inspección	**Tipo de defecto**	**Imagen**
– **Techo** – **Canastillas** – **Tapiz piso** – **Asientos salón y cabina** – **Cortinas** – **Consola y tablero** – **Ventanas, Parabrisas, Retrovisores** – **Señal ética, logos**	Manchas de pega Rayaduras Instalación inadecuada Elementos dañados o rotos	

– **Sistema de audio y video** – **Luces salón y cabina** – **Luces exteriores** – **Sistema limpia parabrisas**	Manchas de Sikaflex Manchas de sellante Manchas de pintura Inadecuada limpieza Instalación inadecuada Elementos dañados o rotos Funcionamiento intermitente	
– **Sistema neumático**	Fuga de aire Elementos dañados o rotos Instalación inadecuada Funcionamiento	

Anexo 20. Muestreo aleatorio sistematico

PRODUCCION DE CARROCERIAS					
Cantidad	Modelo	Cantidad	Modelo	Cantidad	Modelo
1	Alfa7	10	Alfa mini	19	Shiddai bus
2	Shiddai bus	11	Shiddai bus	20	Alfa mini
3	Alfa7	12	Alfa mini	21	Shiddai bus
4	Alfa mini	13	Alfa7	22	Alfa7
5	Shiddai bus	14	Alfa7	23	Alfa7
6	Citybus7	15	Shiddai bus		
7	Alfa7	16	Alfa7		
8	Alfa700	17	Alfa mini		
9	Alfa7	18	Shiddai bus		

Elementos de la población (N)=23

Tamaño de la muestra (n)=12

Definir el intervaol K=N/n

$$K = \frac{23}{12} = 1{,}91 \cong 2$$

Arranque=1

Selección del numero aleatorio de unidades a ser inspeccionadas durante la produccion.

1+k=1+2=**3**	13+k=13+2=**15**
3+k=3+2=**5**	15+k=15+2=**17**
5+k=5+2=**7**	17+k=17+2=**19**
7+k=7+2=**9**	19+k=19+2=**21**
9+k=9+2=**11**	21+k=21+2=**23**
11+k=11+2=**13**	