



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE CALIDAD DE LOS PROCESOS EN LA SECCIÓN DE ESTRUCTURAS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN LA FÁBRICA DE CARROCERÍAS CORPORACIÓN MEGABUSS**

**LUIS PATRICIO TIERRA PÉREZ**

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo,  
presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la  
ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

## **MAGÍSTER EN GESTIÓN INDUSTRIAL Y SISTEMAS PRODUCTIVOS**

Riobamba – Ecuador

Julio 2017

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Proyecto de Investigación, titulado “MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE CALIDAD DE LOS PROCESOS EN LA SECCIÓN DE ESTRUCTURAS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN LA FÁBRICA DE CARROCERÍAS CORPORACIÓN MEGABUSS.”, de responsabilidad del Ing. Luis Patricio Tierra Pérez ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

---

Ing. Wilson Zúñiga Vinuesa M.Sc  
PRESIDENTE

---

FIRMA

---

Ing. Pablo César Sinchiguano Conde Mgs.  
DIRECTOR DE TESIS

---

FIRMA

---

Ing. Geovanny Guillermo Novillo Andrade, MSc.  
MIEMBRO DE TRIBUNAL

---

FIRMA

---

Ing. Jorge Estuardo Freire Miranda M.Sc.  
MIEMBRO DE TRIBUNAL

---

FIRMA

## DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Luis Patricio Tierra Pérez, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Ing. Luis Patricio Tierra Pérez  
C.I. 0603371733

©2016, Luis Patricio Tierra Pérez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Luis Patricio Tierra Pérez, declaro que el presente proyecto de Investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

---

Ing. Luis Patricio Tierra Pérez  
C.I. 0603371733

## DEDICATORIA

Mi proyecto de investigación la dedico a toda mi familia, que siempre con su apoyo incondicional han sido mi inspiración para seguir cumpliendo con mis metas trazadas, mi amada mamacita María Leonor que desde el cielo siempre será mi ángel de la guarda que camina junto a mí, cuidándome guiándome y bendiciéndome, a mi querido padre que con su ejemplo nos supo enseñar que cuando se quiere se puede.

Luis Patricio.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios que por su infinita misericordia, por tantas bendiciones recibidas, a la virgen santísima que con su infinito amor me guía y me protege.

A mi esposa, que es mi brazo derecho, mi soporte, con quien he compartido ratos buenos y ratos malos, muchos sacrificios, esfuerzos, tristezas, alegrías pero siempre estuvo a mi lado apoyándome incondicionalmente.

A la empresa por permitirnos ingresar a sus instalaciones y facilitarnos toda la información necesaria para la culminación exitosa de este proyecto.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por su excelencia académica en la formación de profesionales de pregrado y posgrado.

Luis Patricio

## CONTENIDO

LISTA TABLAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xiv
RESUMEN: .....	xvii
SUMARY .....	xviii
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1</b> <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1</b> <b>Planteamiento del problema</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2</b> <b>Formulación del problema</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3</b> <b>Preguntas directrices</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4</b> <b>Justificación de la investigación</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5</b> <b>Objetivos</b> .....	<b>4</b>
<b>1.6</b> <b>Objetivo general</b> .....	<b>4</b>
<i>1.6.1</i> <i>Objetivos específicos</i> .....	<i>4</i>
<b>1.7</b> <b>Hipótesis</b> .....	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2</b> <b>FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1</b> <b>Antecedentes</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2</b> <b>Orígenes de la metodología SEIS SIGMA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3</b> <b>Bases teóricas</b> .....	<b>7</b>
<i>2.3.1</i> <i>Seis sigma (<math>\delta</math>)</i> .....	<i>7</i>
<i>2.3.2</i> <i>Seis principios básicos de la metodología SEIS SIGMA</i> .....	<i>9</i>
<i>2.3.3</i> <i>Objetivos de la metodología SEIS SIGMA</i> .....	<i>10</i>
<i>2.3.4</i> <i>Beneficios de la metodología SEIS SIGMA</i> .....	<i>10</i>
<i>2.3.5</i> <i>Funciones y responsabilidades en SEIS SIGMA</i> .....	<i>10</i>
<i>2.3.6</i> <i>La estrategia y método SEIS SIGMA</i> .....	<i>11</i>
<b>2.4</b> <b>Calidad</b> .....	<b>17</b>
<i>2.4.1</i> <i>Características de calidad</i> .....	<i>17</i>
<b>2.5</b> <b>Control estadístico de proceso (SPC)</b> .....	<b>18</b>
<i>2.5.1</i> <i>Distribución normal</i> .....	<i>18</i>
<i>2.5.2</i> <i>Diagrama de Pareto</i> .....	<i>18</i>
<i>2.5.3</i> <i>Diagrama de causa efecto</i> .....	<i>19</i>
<i>2.5.4</i> <i>Hojas de comprobación</i> .....	<i>19</i>
<i>2.5.5</i> <i>Diagrama de flujo de proceso</i> .....	<i>20</i>

2.5.6	<i>Mapa de procesos</i> .....	20
2.5.7	<i>Histogramas</i> .....	20
2.5.8	<i>Cartas de control</i> .....	20
2.5.9	<i>Tipos de cartas de control</i> .....	21
2.6	<b>Gráfica de la distribución normal para el SEIS SIGMA</b> .....	23
<b>CAPÍTULO III</b>		
3	<b>SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA</b> .....	24
3.1	<b>Mapa de procesos</b> .....	28
3.1.1	<i>Mapa de procesos</i> .....	28
3.1.2	<i>Tipos de Procesos</i> .....	29
3.1.3	<i>Mapa de procesos de la fábrica de buses CORPORACIÓN MEGABUSS</i> .....	30
3.2	<i>Flujo de procesos operativos de la empresa CORPORACIÓN MEGABUS</i> .....	31
3.3	<b>Proceso de manufactura de estructuras para buses interprovinciales</b> .....	32
3.3.1	<i>Descripción del proceso</i> .....	32
3.3.2	<i>Diagrama de procesos</i> .....	32
3.4	<b>Problemas detectados en los procesos de carrocerías</b> .....	36
3.5	<b>Encuestas</b> .....	36
3.5.1	<i>Desarrollo de la encuesta</i> .....	36
3.5.2	<i>Interpretación general</i> .....	41
3.6	<b>Evaluación técnica de la calidad actual en el proceso de estructuras</b> .....	41
3.6.1	<i>Cálculo del rendimiento del proceso</i> .....	45
3.6.2	<i>Interpretación del nivel de sigma del proceso</i> .....	46
3.6.3	<i>Diagrama de Pareto</i> .....	46
<b>CAPÍTULO IV</b>		
4	<b>PROPUESTA DE MEJORA DE LA CALIDAD EN LOS SUB PROCESOS</b> .....	47
4.1	<i>Introducción</i> .....	47
4.2	<b>Alcance</b> .....	47
4.3	<b>Población</b> .....	47
4.4	<b>Modalidad de investigación</b> .....	48
4.5	<b>Recopilación de información</b> .....	49
4.5.1	<i>Procesamiento y análisis de datos</i> .....	49
4.5.2	<i>Método de aplicación</i> .....	49
4.5.3	<i>Secuencia de avance del proyecto</i> .....	50
<b>APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA</b> .....		50
4.6	<b>Etapa de definir</b> .....	50
4.6.1	<i>Mapa de proceso de la sección de estructuras.</i> .....	50

4.6.2	<i>Identificación de los procesos crítico</i>	52
4.6.3	<i>Identificación de las causas de modos de falla</i>	53
4.6.4	<i>Diagrama causa – efecto</i>	53
4.7	<b>Etapa medir</b>	55
4.7.1	<i>Matriz causa – efecto</i>	55
4.7.2	<i>Interpretación de la matriz causa-efecto</i>	56
4.7.3	<i>Diagrama de Pareto</i>	57
4.7.4	<i>Diagrama de Pareto del sub proceso de corte</i>	57
4.7.5	<i>Diagrama de Pareto de proceso de soldadura de elementos para estructura.</i>	58
4.7.6	<i>Matriz AMEF</i>	59
4.7.7	<i>Toma y procesamiento de datos de los sub procesos de corte y soldadura</i>	61
4.7.8	<i>Análisis del sistema de medición (MSA)</i>	61
4.7.9	<i>Recopilación de datos</i>	62
4.7.10	<i>Estudio R&amp;R del proceso de corte</i>	62
4.7.11	<i>Estudio R&amp;R del proceso de soldadura</i>	64
4.8	<b>Etapa análisis</b>	66
4.8.1	<i>Determinación de capacidad del proceso de corte mediante el nivel de sigma.</i>	67
4.8.2	<i>Determinación de capacidad producción del proceso de soldadura.</i>	68
4.9	<b>Etapa de mejora</b>	71
4.9.1	<i>Generación de alternativas de mejora</i>	72
4.9.2	<i>Análisis de la factibilidad propuesta</i>	73
4.9.3	<i>Financiamiento de la propuesta de mejora</i>	74
4.9.4	<i>Capacitación y adiestramiento al personal técnico y operadores</i>	74
4.9.5	<i>Selección del personal</i>	75
4.9.6	<i>Documentos y registros</i>	75
4.9.7	<i>Control de producción</i>	77
4.9.8	<i>Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos</i>	78
4.9.9	<i>Evaluación de las mejoras</i>	79
4.9.10	<i>Determinación del nivel de sigma mejorado</i>	82
4.9.11	<i>Evaluación de las mejoras del sub proceso de corte</i>	82
4.9.12	<i>Evaluación de las mejoras del sub proceso de soldadura</i>	85
4.9.13	<i>Comprobación de la capacidad del antes y después de las mejoras.</i>	88
4.10	<b>Etapa de control</b>	90
4.10.1	<i>Plan de control</i>	91
4.11	<b>Discusión y resultados</b>	93
4.12	<b>Evaluación de la hipótesis.</b>	93

<b>4.12.1</b>	<b><i>Situación actual</i></b> .....	93
<b>4.12.2</b>	<b><i>Situación propuesta</i></b> .....	94
<b>4.13</b>	<b>Comparación de nivel de calidad <math>\sigma</math> de la situación actual versus la mejorada ....</b>	95

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**BIBLIOGRAFÍA**

## LISTA TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Nivel de sigma.....	9
<b>Tabla 2-2:</b> Descripción de las herramientas más utilizadas en la metodología SEIS SIGMA.....	13
<b>Tabla 3-2:</b> Niveles sigma y eficiencia de la calidad.....	23
<b>Tabla 1-3:</b> Simbología utilizada para la creación de diagramas de flujo.....	32
<b>Tabla 2-3:</b> Resumen de actividades del proceso de estructuración de carrocerías.....	37
<b>Tabla 3-3:</b> Pregunta 1.....	37
<b>Tabla 4-3:</b> Pregunta 2.....	38
<b>Tabla 5-3:</b> Pregunta 3.....	39
<b>Tabla 6-3:</b> Pregunta 4.....	39
<b>Tabla 7-3:</b> Pregunta 5.....	40
<b>Tabla 8-3:</b> Pregunta 6.....	41
<b>Tabla 9-3:</b> Pregunta 7.....	41
<b>Tabla 10-3:</b> Detalle de la población para la cuantificación de los defectos.....	44
<b>Tabla 11-3:</b> DPMO por cada operación en la fabricación de estructuras.....	45
<b>Tabla 12-3:</b> Productividad o rendimiento del proceso.....	46
<b>Tabla 13-3:</b> Nivel de sigma y rendimiento del proceso.....	47
<b>Tabla 1-4:</b> Etapas SEIS SIGMA.....	49
<b>Tabla 2-4:</b> Gantt de actividades del proyecto.....	51
<b>Tabla 3-4:</b> Matriz de causa-efecto.....	56
<b>Tabla 4-4:</b> Resultados de RPN.....	60
<b>Tabla 5-4:</b> Matriz AMEF.....	61
<b>Tabla 6-4:</b> Constantes establecidas.....	64
<b>Tabla 7-4:</b> Estudios R&R del sub proceso de corte = $Y_1$ .....	64
<b>Tabla 8-4:</b> Estudios R&R del sub proceso de soldadura = $Y_2$ .....	64
<b>Tabla 9-4:</b> Estudios R&R del sub proceso de corte = $Y_1$ .....	66
<b>Tabla 10-4:</b> Tabla de datos del sub proceso de soldadura = $Y_2$ .....	69
<b>Tabla 11-4:</b> Detalle de las alternativas de mejora.....	73
<b>Tabla 12-4:</b> Análisis de factibilidad de las alternativas de mejora.....	75
<b>Tabla 13-4:</b> Financiamiento para el proyecto.....	76
<b>Tabla 14-4:</b> Programa de capacitación para el personal de empresa.....	77
<b>Tabla 15-4:</b> Código de registros.....	78
<b>Tabla 16-4:</b> Documentos y registros a implementarse.....	79
<b>Tabla 17-4:</b> AMEF del proceso de fabricación de carrocerías para bus interprovincial.....	85

<b>Tabla 18-4:</b> Dimensiones de los elementos cortados luego de aplicar las mejoras .....	87
<b>Tabla 19-4:</b> Indicadores de calidad .....	87
<b>Tabla 20-4:</b> Proceso de soldadura .....	87
<b>Tabla 21-4:</b> Matriz de control de la calidad.....	92
<b>Tabla 22-4:</b> Nivel de sigma de la situación actual de los procesos de estructuración .....	94
<b>Tabla 23-4:</b> Nivel de sigma de la situación mejorada de los procesos de estructuración .....	94
<b>Tabla 24-4:</b> Tabla de comparación del nivel de sigma procesos críticos .....	95

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Proceso de SEIS SIGMA con desplazamiento de 1,5 sigma .....	9
<b>Figura 2-2:</b> Proceso de SEIS SIGMA .....	19
<b>Figura 3-2:</b> Carta de control .....	22
<b>Figura 4-2:</b> Curva estándar de la distribución normal .....	24
<b>Figura 1-3:</b> Portada fabrica CORPORACIÓN MEGABUSS .....	25
<b>Figura 2-3:</b> Portada del bus tipo provincial.....	26
<b>Figura 3-3:</b> Componentes de la estructuras para carrocerías .....	27
<b>Figura 4-3:</b> Chasis para bus interprovincial .....	27
<b>Figura 5-3:</b> estructura del piso para bus interprovincial. ....	27
<b>Figura 6-3:</b> Estructura lateral .....	28
<b>Figura 7-3:</b> Estructura de techo o cubierta .....	28
<b>Figura 8-3:</b> Estructura frontal y posterior de carrocerías .....	29
<b>Figura 9-3:</b> Mapa de procesos de la fábrica de buses CORPORACIÓN MEGABUSS.....	31
<b>Figura 10-3:</b> Diagrama de flujo de los procesos de la fabricación de carrocerías.....	32
<b>Figura 11-3:</b> Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías .....	36
<b>Figura 12-3:</b> Pregunta 1, defectos en procesos .....	38
<b>Figura 13-3:</b> Pregunta N° 2, defectos en los sub procesos .....	38
<b>Figura 14-3:</b> Pregunta 3, causas que provocan defectos .....	39
<b>Figura 15-3:</b> Pregunta 4, frecuencia de procesos.....	40
<b>Figura 16-3:</b> Pregunta 5, disponibilidad de maquinaria y equipo .....	40
<b>Figura 17-3:</b> Pregunta 6, aspectos de incentivos .....	41
<b>Figura 18-3:</b> Pregunta 7, disponibilidad de procedimiento de trabajo.....	42
<b>Figura 19-3:</b> Distribución normal del proceso de estructuras .....	47
<b>Figura 1-4:</b> Mapa de procesos CORPORACIÓN MEGABUSS .....	52
<b>Figura 2-4:</b> Diagrama de Pareto de los procesos de la sección de estructuras .....	53
<b>Figura 3-4:</b> Diagrama de Ishikawa de las causas-efectos del proceso de soldadura .....	54
<b>Figura 4-4:</b> Diagrama de Ishikawa de las causas-efectos del proceso de corte .....	55
<b>Figura 5-4:</b> Pareto de defectos proceso de corte de elementos para estructura de buses .....	58
<b>Figura 6-4:</b> Pareto de defectos proceso de corte de elementos para estructura de buses.....	59
<b>Figura 7-4:</b> Informe del sistema de medición para longitudes de los elementos .....	65
<b>Figura 8-4:</b> Informe del sistema de medición para inspeccione visual .....	67
<b>Figura 9-4:</b> Informe de la capacidad de proceso de corte actual mediante SIGMA.....	69

<b>Figura 10-4:</b> Determinación de la capacidad del proceso de soldaduras .....	72
<b>Figura 11-4:</b> Análisis de capacidad de Poisson para soldaduras.....	72
<b>Figura 12-4:</b> Codificación para los documentos y registros .....	77
<b>Figura 13-4:</b> Esquema ilustrativo de control de materia prima.....	79
<b>Figura 14-4:</b> Esquema ilustrativo del documento para las órdenes de trabajo .....	80
<b>Figura 15-4:</b> Esquema ilustrativo del documento para control de producción.....	81
<b>Figura 16-4:</b> Diagrama de flujo de mantenimiento de equipos y maquinaria .....	83
<b>Figura 17-4:</b> Gráfica del nivel SIGMA del proceso de corte.....	88
<b>Figura 18-4:</b> Gráfica del nivel SIGMA del proceso de soldadura .....	90
<b>Figura 19-4:</b> Análisis de capacidad de Poisson para soldaduras.....	91
<b>Figura 20-4:</b> Grafica de comparación nivel de sigma anterior vs el mejorado .....	93
<b>Figura 21-4:</b> Comprobación del proceso de soldadura .....	94
<b>Figura 22-4:</b> Informe del desempeño del proceso de soldadura .....	94

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b>	ENCUESTA DE CALIDAD
<b>ANEXO B:</b>	GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA LOS DPMO
<b>ANEXO C:</b>	LISTA DE DATOS
<b>ANEXO D:</b>	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
<b>ANEXO E:</b>	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE OCURRENCIA
<b>ANEXO F:</b>	TABLAS DE SEVERIDAD
<b>ANEXO G:</b>	MATRIZ AMEF
<b>ANEXO H:</b>	DPMO Y NIVEL DE SIGMA
<b>ANEXO I:</b>	DPMO Y NIVEL DE SIGMA ACTUAL

## **RESUMEN:**

La metodología SEIS SIGMA, se basa en cinco etapas; definir, medir, analizar, mejorar y controlar, denominada ciclo (DMAIC), la misma que fue aplicada con el objetivo de identificar los sub procesos críticos en la línea de producción de manufactura de estructura para carrocerías, durante la etapa de definición del problema se determina que corte y soldadura son los sub procesos crítico, por presentar un alto porcentaje de defectos, los mismos que generan pérdida de tiempos por reprocesos; desgaste del personal, paros en toda la línea etc. Para solucionar estos inconvenientes se determinó el nivel de sigma inicial mediante la fórmula de defectos por millón de oportunidades (DPMO); posteriormente, mediante la utilización del diagrama de ISHICAWA se determinó las causas raíz de estos problemas. Luego con la ayuda de la matriz análisis, modo efecto-falla (AMEF) se miden cuantitativamente los defectos, se procede analizar para las soluciones más viables. Una vez realizada la implementación de las mejoras a los procesos se pudo evidenciar que el nivel de calidad global se incrementó de un nivel de Sigma de  $1,47\sigma$  inicial a  $1,68\sigma$  mejorado, de esta manera confirmando que las mejoras adoptadas, ofrecen una solución integral al problema presentado, se recomienda aplicar la metodología a todas las áreas de la empresa para mantener una mejora continua en sus procesos.

**Palabras Clave:** Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENERÍA INDUSTRIAL>, <GESTIÓN DE PROCESOS>, <MEJORAMIENTO CONTINUO>, <PROCESOS CRÍTICOS>, <OPORTUNIDADES DE MEJORA>, <SEIS SIGMA>, <CAUSAS RAÍZ>

## SUMMARY

The Six Sigma methodology is based on five stages; Define, Measure, Analyze, Improve and Control, a cycle called (DMAIC), the same one that was applied with the objective of identifying the sub critical processes in the production line of the manufacture of structure for bodies, during the stage definition of the problema in which determines that Cut and Weld are the critical sub processes, because they present a high percentage of defects, the same ones that generate time loss by reprocessing; Deterioration of staff, strikes on all lines, etc. To solve these disadvantages, the initial Sigma level was determined by the defect formula per million opportunities (DPMO); Through the use of the fish diagram or ISHIKAWA the root causes of these problems were determined. Then, with the help of the matrix Analysis, Fault Effect Mode (AMEF), the defect are measured quantitatively, it is necessary to analyze the most viable solutions. Once the implementation of the enhancements to the processes was made, it was posible to show that the quality level of the global was increased from a Sigma level of  $1,47\sigma$  to  $1,68\sigma$  improved, thus confirming that the improvements adopted, offer a integral solution to the presented problem, it is recommended to extend the methodology to all areas of the Company to maintain a continuous improvement.

Keywords: <ENGINEERING> <TECHNOLOGY AND INDUSTRIAL SCIENCES>  
<ENGINEERING PROCESS MANAGEMENT> <CONTINUAL IMPROVEMENT>  
<CRITICAL PROCESSES> <OPPORTUNITIES FOR IMPROVEMENT> <SIGMA> ROOT CAUSES>

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años la fabricación de carrocerías ha evolucionado de acuerdo a las exigencias de la colectividad, cada vez avanza significativamente implementando nuevas tecnologías e incorporando métodos y herramientas de mejora, es decir, existen empresas que realizan un control permanente en los procesos con el objeto de detectar los posibles errores que puedan presentarse y corregirlos a tiempo, así garantizar una producción con altos estándares de calidad, mediante la innovación y aplicación de sistemas de mejora continua, de esta manera alcanzar un óptimo desarrollo empresarial.

En Ecuador el sector carrocerero preocupados de esta realidad busca alternativas de mejora, considerando necesario aplicar herramientas, técnicas o metodologías que permita estandarizar los procesos, en este contexto SEIS SIGMA es una metodología óptima para la mejora de calidad de empresas manufactureras y de servicios, basada en el ciclo DMAIC, permite definir, medir, analizar, mejorar y controlar cada uno de los procesos que conlleva la ejecución de un producto.

En los últimos tiempos SEIS SIGMA, ha mejorado las ganancias de las empresas hasta en un 20% año tras año, engloba técnicas como el control estadístico de procesos, el despliegue de la función de la calidad (QFD), el análisis del modo efecto falla, ingeniería de la calidad de Taguchi, indicadores Cp, Cpk entre otras. (Harry, 2000) Por otra parte, SEIS SIGMA ( $6\sigma$ ) 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. En todo momento se toma como punto de referencia a los clientes y sus necesidades, la estrategia  $6\sigma$  se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico. Asimismo, tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos.

La meta de  $6\sigma$ , que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad SEIS SIGMA, es decir, que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades. Esta meta se pretende alcanzar mediante un programa vigoroso de mejora, diseñado e impulsado por la alta dirección de una organización, en el que se desarrollan proyectos  $6\sigma$  a lo largo y ancho de la organización

con el objetivo de lograr mejoras, así como eliminar defectos y retrasos de productos, procesos y transacciones. (Gutierrez, 2009, pp 82-84)

La importancia de aplicar esta metodología en cada una de las secciones de la empresa CORPORACIÓN MEGABUSS, radica en la necesidad de emplear criterios técnicos, objetivos, que ayuden a la toma de las mejores decisiones en base a datos estadísticos, de esta manera establecer mejores niveles de calidad y bajos costos de producción, además permite determinar el grado en que los diferentes procesos logran sus metas, ofrece varias estrategias para realizar las mejoras en dichos procesos, dando como resultando alta rentabilidad y ventaja competitiva de la empresa.

### **1.1 Planteamiento del problema**

Sabiendo que la calidad no es una casualidad, sino la consecuencia de procesos controlados; mediante un análisis realizado a los 9 procesos de la línea de manufactura de estructuras para carrocerías en la empresa CORPORACIÓN MEGABUSS, se concluye que el proceso de construcción de estructuras es estratégica para la empresa, debido a que sobre esta se realizan los demás procesos.

Actualmente la producción mensual de carrocerías para buses interprovinciales es aproximadamente de 4 unidades (de acuerdo con los datos que arrojan los registros mensuales de jefe de producción) pero es importante puntualizar que en los últimos años que el gobierno Nacional empeñado en reducir las importaciones y apoyar más la industria nacional, el sector carrocerero tiene mejores posibilidades de generar más fuentes de trabajo, mayor producción y mejores aportaciones al desarrollo socioeconómico del país.

Adicionalmente mediante información obtenida en campo se determinó que la fabricación de estructura para carrocerías no posee una metodología determinada, que permita controlar la calidad de los de los procesos, por tal razón es necesario aplicar la metodología SEIS SIGMA al proceso de manufactura de estructura para carrocerías de la empresa, para garantizar de esta manera productos con altos estándares, aumentando la competitividad de las organizaciones e incrementando sus utilidades.

Por todo lo anterior (falta de metodología y mayor producción) constituye que CORPORACIÓN MEGABUSS tenga que realizar gastos extras para la manufactura de estructuras para carrocerías

y como consecuencia se aumente el costo de cada unidad, con lo que se pierde competitividad frente a las demás empresa que también se dedican a la fabricación de carrocerías.

## **1.2 Formulación del problema**

¿La aplicación de la metodología SEIS SIGMA permitirá aumentar el nivel de calidad en los procesos de la sección de estructuras para carrocerías en la empresa CORPORACIÓN MEGABUSS?

## **1.3 Preguntas directrices**

¿Cuáles son los parámetros para el aseguramiento de la calidad en la sección de estructuras de la empresa?

¿Qué controles de calidad se realiza en el proceso?

¿Cuáles son las técnicas de control de calidad utilizados en la sección de estructurado?

¿Existe una metodología para mejorar el proceso de ensamblaje en la empresa?

¿Cuáles son los indicadores que se deben tomar en cuenta?

¿Con una adecuada metodología mejoramos la calidad de nuestros productos?

¿Cuál es el valor de sigma para una producción con altos estándares?

¿Cómo influye internamente la aplicación de la metodología SEIS SIGMA?

## **1.4 Justificación de la investigación**

El décimo objetivo del plan nacional del buen vivir planificado por el gobierno ecuatoriano busca impulsar el cambio de la matriz productiva diversificando y generando mayor valor agregado en la producción nacional a través de la consolidación y la transformación productiva de los sectores prioritarios industriales y de manufactura, con la incorporación de valor agregado que maximicen el componente nacional y fortalezcan la capacidad de innovación y de aprendizaje colectivo. Además, promoviendo la intensidad tecnológica en la producción primaria, de bienes intermedios y finales, articulando la investigación científica, tecnológica y la educación superior con el sector productivo”

El presente estudio tiene como propósito principal fortalecer el principio de la mejora continua de la empresa y específicamente a la sección de estructuras a través de la aplicación de mejoras en el control estadístico de la calidad mediante la metodología SEIS SIGMA, con el cual se logra obtener estándares en la producción, las industrias actualmente necesitan elevar su productividad, al mismo tiempo garantizar la calidad de sus productos, la metodología SEIS SIGMA es una

herramienta disciplinada que sirve para mejorar la calidad de los procesos, productos y servicios dando mayor rentabilidad y crecimiento a las empresas.

Al implementar metodología SEIS SIGMA a los procesos para la fabricación de estructuras se puede identificar posibles defectos antes de que ocurran, de esta manera controlar cada proceso para realizar mejoras y así contribuir al fortalecimiento de objetivos, políticas y estrategias establecidas por la empresa.

## **1.5 Objetivos**

### **1.6 Objetivo general**

Mejorar el nivel de calidad de los procesos en la sección de estructuras a través de la metodología SEIS SIGMA en la fábrica de carrocerías CORPORACIÓN MEGABUSS.

#### ***1.6.1 Objetivos específicos***

- Analizar las técnicas actuales que se utiliza para el control de la calidad en cada proceso para la producción de estructura para carrocerías de buses.
- Identificar las fallas en el proceso de construcción de estructuras para carrocerías de buses interprovinciales.
- Desarrollar la metodología SEIS SIGMA que permita controlar la calidad de los procesos en la sección de estructuras.
- Desarrollar los indicadores para evidenciar el nivel de calidad antes y después de la propuesta.
- Generar y proponer la mejora continua en el proceso de estructuras de la empresa CORPORACIÓN MEGABUSS.

### **1.7 Hipótesis**

La aplicación de la metodología SEIS SIGMA, permite mejorar los niveles de calidad en los procesos de estructuración en la empresa CORPORACIÓN MEGABUSS.

H<sub>1</sub>: La aplicación de la metodología SEIS SIGMA, permite mejorar los niveles de calidad en los procesos de estructuración en la empresa CORPORACIÓN MEGABUSS.

H<sub>0</sub>: La aplicación de la metodología SEIS SIGMA, no permite mejorar los niveles de calidad en los procesos de estructuración en la empresa CORPORACIÓN MEGABUSS.

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

A la calidad la definiremos como los requisitos mínimos necesarios para cubrir la o las necesidades de los clientes, aun muchos autores mencionan que la calidad es un concepto moderno desde los primeros inicios del hombre se ha visto un interés por mejorar sus condiciones de trabajo, de tal manera que la calidad es algo natural, intuitiva en cada ser humano, por lo tanto diremos que la calidad ha existido siempre en el ser humano.

Los proyectos de mejora continua buscan eliminar todo aquello que no contribuye al valor agregado de los productos y los servicios, garantizando la satisfacción de los clientes, para esto se realiza un detallado análisis de todo el ambiente laboral buscando procesos redundantes, inconvenientes en el flujo de material, cuellos de botella, exceso de suciedad, acumulación de material de proceso, es decir todo aquello que podría afectar los procesos disminuyendo la capacidad de estos lo que resulta en problemas de calidad y afecta los tiempos de ciclo, definiendo de esta manera lo que identificamos como una empresa esbelta (Barbara & Wheat, 2014 p. 145).

SEIS SIGMA es un método sistemático para la gestión de la calidad, la misma que brinda a las organizaciones herramientas básicas de mejoramiento, esto se traduce en procesos estandarizados obteniendo una capacidad de proceso esbelto, de esta manera enfocarnos y acercarnos a los requisitos mínimos de nuestros servicios y productos. El símbolo SIGMA  $\sigma$  es un término griego que en la actualidad se utiliza para identificar estadísticamente si nuestros procesos están dentro de los límites permisibles (límite superior y límite inferior), es decir, nos permite identificar los potenciales defectos o fallas que presenta nuestros procesos por medio de datos históricos.

Por otra parte, SEIS SIGMA ( $6\sigma$ ) 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. En todo momento se toma como punto de referencia a los clientes y sus necesidades. La estrategia  $6\sigma$  se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento

estadístico, además, tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. (Gutiérrez Pulido & De la Vaca Salazar, 2009, pág. 45).

La aplicación de esta técnica en todas las funciones de la empresa, conllevan a un alto nivel de calidad a bajos costos y con una reducción en los tiempos ciclo de las operaciones que agregan valor; resultando con todo esto alta rentabilidad y ventaja competitiva del negocio.

Un inconveniente de la empresa es que toman decisiones apresuradas antes de que estas sean evaluadas profundamente, en este punto SEIS SIGMA juega un papel determinante, proporcionará a la empresa herramientas universales que pueden ser aplicadas a los procesos de cada sección, las mismas que servirán de herramientas básicas para medir los resultados de forma clara y precisa, permitiendo reconocer los problemas, tomar decisiones, escoger la solución más viable, implementarla, controlar y mantener los beneficios. (Anthony, 2006 p. 28).

## **2.2 Orígenes de la metodología SEIS SIGMA**

En 1987, SEIS SIGMA fue introducido por primera vez en Motorola por un equipo de directivos encabezados por Bob Galvin, presidente de la compañía, con el propósito de reducir los defectos de productos electrónicos. Desde ese entonces  $6\sigma$  ha sido adoptada, enriquecida y generalizada por un gran número de compañías. Además de Motorola, dos organizaciones que se contribuyeron a consolidar la estrategia Seis Sigma y sus herramientas son Allied Signal, que inició su programa en 1994, y General Electric (GE), que inició en 1995. Un factor decisivo de su éxito fue que sus presidentes, Larry Bossidy y Jack Welch, respectivamente, encabezaron de manera entusiasta y firme el programa en sus organizaciones. En Latinoamérica, la empresa Mabe es una de las organizaciones que ha logrado conformar uno de los programas Seis Sigma más exitosos. (Gutiérrez & De la Vaca Salazar, 2009, pág. 420).

La mayoría de los procesos productivos siguen una distribución normal, con una distribución de frecuencias siguiendo la campana de Gauss y con una probabilidad de que algunos valores queden fuera de los límites superior e inferior; esta probabilidad es lo que entendemos por “probabilidad de defecto”.

Otra forma de definir SEIS SIGMA es como un esfuerzo de “cambio de cultural radical” de tal manera que permite posicionar a la organización o empresa de este modo satisfacer las necesidades de nuestros cliente de una manera óptima garantizando su confiabilidad y lealtad,

considerando el compromiso con SEIS SIGMA a nivel de toda la empresa en lugares como General Electric o Motorola, el “cambio de cultura” es ciertamente una forma válida de describir SEIS SIGMA. Pero también es posible “hacer” SEIS SIGMA sin realizar un asalto frontal a la cultura de su empresa.

También definiremos a SEIS SIGMA como la estrategia empleada para aumentar las ganancias de la empresa, mejorando la productividad en todas las secciones, obteniendo procesos efectivos e eficientes logrando llegar a cumplir los requerimientos o necesidades de nuestros clientes internos o externos.

Se considera a la metodología  $6\sigma$  como una estrategia, que aplicarla a cualquier empresa u organismo sirve como herramienta para una mejora continua, de esta manera se puede identificar y controlar los modos de falla o defectos de manera rápida y sencilla.

## **2.3 Bases teóricas**

### **2.3.1 Seis sigma ( $\delta$ )**

Para una mejor comprensión se puede definir a SEIS SIGMA en dos contextos:

**Como medida:** Sigma ( $\sigma$ ) es una letra griega minúscula que simboliza a la desviación estándar. (Reyes, 2002, pág. 61). Es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a un valor medio. Sigma cuantifica la dispersión de estos valores respecto al valor medio o (a la media) por lo tanto, fijamos unos límites de especificación por el cliente (superior e inferior) respecto al valor central objetivo, cuando mayor sea el valor de sigma, menor será el número de valores fuera de la especificación. En resumen podemos decir que  $\sigma$  es una escala de calidad que mide el número de sigmas que caben dentro del intervalo definido por los límites de especificación (Bonnin, 2005, pág. 89).

**Como metodología:** Es una estrategia de negocios y de mejora continua que busca encontrar y eliminar causas de errores, defectos y reducir el costo, mejorando los procesos enfocándose a las variables de importancia crítica para exceder las necesidades y expectativas de los clientes. (Anthony, 2006, pág. 6).

Así mismo podemos decir que SEIS SIGMA es una metodología que ayuda a identificar y reducir la variabilidad en los procesos, productos y servicios cuyo objetivo es alcanzar no más de 3.4

defectos o errores en cada millón de oportunidades con la intención de tener un mejor producto o un servicio más confiable y predecible. En donde una oportunidad está representada por la inspección de alguna característica del producto, tal como una dimensión o una cualidad que pudiera ser encontrada fuera de las especificaciones y representar un defecto o un error.

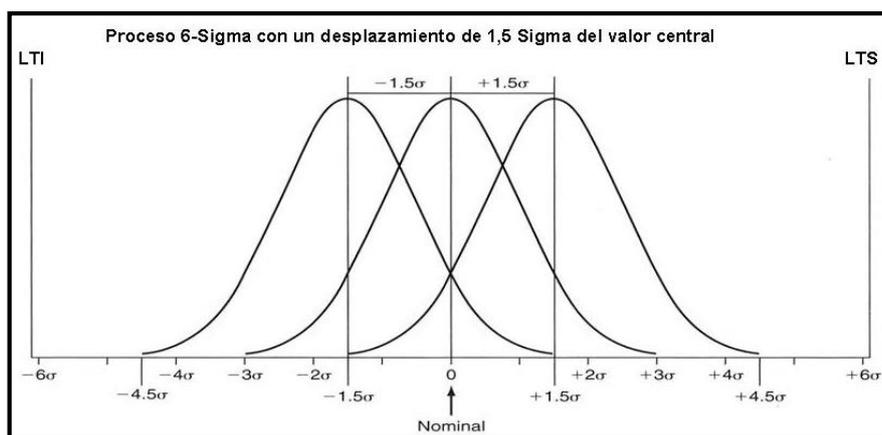
**Tabla 1-2:** Nivel de sigma

Nivel de Sigma	Defectos por Millón de Oportunidades	Nivel de Calidad	Costo de la Calidad Promedio	Clasificación
6	3.40	99.999999%	Menos del 1% de ventas	Clase mundial
5	233.00	99.98%	5-10% de ventas	Industria promedio
4	6.210.00	99.4%	15-25% de ventas	Baja competitividad
3	66.807.00	93.3%	25-40% de ventas	No competitivo
2	308.357.00	69.2%	No aplica	No competitivo
1	690.000.00	30.9	No aplica	No competitivo

**Fuente:** George, Michale L, "Lean SEIS SIGMA: Combining SEIS SIGMA Quality with Lean Speed"

**Realizado por:** Autor

La capacidad en números de sigmas del proceso se determina por el número de veces que el valor numérico de la desviación estándar cabe en la distancia que existe entre la media aritmética del proceso si se distribuye en forma normal y el límite de especificaciones que se encuentre más cerca de esta (ya sea el inferior LIE o el límite superior LSE) (Reyes, 2002, pag.42)



**Figura 1-2:** Proceso de SEIS SIGMA con desplazamiento de 1,5 Sigma

Fuente: Breyforeedición; III, FORRES W., "Implementación Six Sigma: Smaster solutions using atatistical methods"

Se puede decir que SEIS SIGMA es una metodología para resolver problemas crónicos que beneficia a los clientes y el desempeño financiero de la empresa que reduce el desperdicio y la ineficiencia a través de un proceso sistemático de reducción de la variación y la filosofía sean basadas en el conocimiento científico y en la generación de datos.

### **2.3.2 Seis principios básicos de la metodología SEIS SIGMA**

Los puntos fundamentales en los que se basa esta metodología SEIS SIGMA son los siguientes:

- a)** Enfoque en el cliente: La orientación al cliente se convierte en prioridad número uno, la voz del cliente (VOC) es el fundamento de la metodología. Se tiene que poner especial atención en lo que el cliente solicita preguntándose (¿cuántos de sus clientes quieren lo mismo que hace cinco años? ¿O que hace dos? ¿O que el mes pasado?).
  
- b)** Gestión orientada a datos y hechos: SEIS SIGMA lleva el concepto de “dirección por hechos” a un nivel nuevo y más potente. La disciplina empieza por esclarecer qué medidas son las fundamentales para valorar el rendimiento de la empresa, se identifican las métricas; se realizan mediciones claras, luego se interpretan los datos y el análisis para comprender las variables clave y optimizar los resultados.
  
- c)** Orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos: En SEIS SIGMA, la acción está en los procesos, ya se trate del diseño de productos y servicios, de medir el rendimiento, de mejorar la eficacia y la satisfacción del cliente, o incluso de hacer que la empresa funcione, SEIS SIGMA sitúa al proceso como vehículo clave del éxito.
  
- d)** Gestión pro-activa: “proactivo” significa anticiparse a los acontecimientos, lo opuesto a ser “reactivo”. La gestión proactiva significa hacer un hábito de una serie de prácticas empresariales que, muy a menudo, son ignoradas: definir objetivos ambiciosos y revisarlos frecuentemente; establecer las prioridades de forma clara; centrarse en la prevención de problemas en vez de apagar fuegos; plantearse por qué hacemos cosas en vez de defenderlas ciegamente con un “aquí las cosas se hacen así”. Es necesario que la dirección sea dinámica, receptiva, proactiva, establezca y de seguimiento a las metas fijadas de manera ambiciosa.
  
- e)** Colaboración sin límites: Debe ponerse atención en derribar las barreras que limitan el trabajo en equipo entre los miembros de la organización; siempre enfocados en las necesidades del cliente; los procesos trascienden más allá de las barreras inter departamentales.
  
- f)** Búsqueda de la perfección; tolerancia a los errores: Las técnicas para mejorar el rendimiento comprenden una dosis significativa de gestión del riesgo (si va a equivocarse, cometa fallos seguros). La idea fundamental, sin embargo, es que cualquier empresa que haga de SEIS SIGMA su objetivo tendrá que impulsarse constantemente para ser cada vez más perfecta (puesto

que la definición de “perfecto” para el cliente estará en constante cambio), al mismo tiempo que estar dispuesta a aceptar y gestionar errores ocasionales.

### **2.3.3 *Objetivos de la metodología SEIS SIGMA***

- Reducir la variabilidad.
- Optimiza productos y procesos.
- Mejora global del servicio al cliente.
- Crecimiento de productividad y valor agregado.
- Mejora de la capacidad y rendimiento de los procesos.
- Reducción de defectos totales y duración del ciclo.
- Aumento de la confianza del producto.
- Mejora en el flujo de procesos para hacerlos más predecibles.
- Mejora el retorno de su inversión. ("Mathsoft", 2005 p. 342).

### **2.3.4 *Beneficios de la metodología SEIS SIGMA***

Algunos de los beneficios que la aplicación SEIS SIGMA presenta, se enumeran a continuación:

- Reducción de costos.
- Mejora de la productividad.
- Satisfacción de los clientes por lo tanto aumento en la cartera de clientes.
- Reducción del tiempo del ciclo.
- Reducción de defectos.
- Desarrollo de productos y servicios.
- Mejorar la visión de la administración de las actividades, calidad y costos.
- Mejorar el entendimiento y la apreciación de la capacidad de servicio, así como los requerimientos actuales y propuestos, entre muchos otros. (George, 2002, pp. 45-48).

### **2.3.5 *Funciones y responsabilidades en SEIS SIGMA***

Para una exitosa implementación de SEIS SIGMA se deben seguir prácticas sensatas de personal y en metodologías técnicas. Para la implementación de SEIS SIGMA se deben seguir las siguientes prácticas de personal:

- a) Líderes ejecutivos comprometidos con SEIS SIGMA y que promuevan en toda la organización sus actividades. Líderes que se apropien de los procesos que deben mejorarse.

- b) Capacitación corporativa en los conceptos y herramientas de SEIS SIGMA.
- c) Determinación de la dificultad de los objetivos de mejoramiento.
- d) Refuerzo continuo y estímulos. (Chase 2009 pp. 43-45).

### **2.3.6 *La estrategia y método SEIS SIGMA***

El concepto SEIS SIGMA tiene normalmente tres ámbitos:

- a) Las estrategias y procesos gerenciales.
- b) El desarrollo de competencias
- c) La ejecución de los proyectos de mejora.

La definición y utilización de SEIS SIGMA como métricas con las cuales se mide y compara el desempeño de todos los procesos claves para el negocio.

#### **2.3.6.1 *Las estrategias y procesos gerenciales***

Los aspectos más característicos son el diseño o la validación de las métricas con las cuales se da cuenta y mide el desempeño del negocio. Se utilizan técnicas estadísticas que van más allá de las descriptivas que se basan en planillas y promedios, utilizándose por ejemplo técnicas de análisis de capacidad de los procesos, nivel de sigma, defectos por millón de oportunidades entre otras.

#### **2.3.6.2 *El desarrollo de competencias y la ejecución de los proyectos de mejora.***

Se materializan las oportunidades y se logra el impacto en la línea base del negocio. Se considera también la estandarización y réplicas de las mejoras logradas hacia otros procesos de la empresa.

#### **2.3.6.3 *La definición y utilización de SEIS SIGMA como métricas las cuales se mide y compara el desempeño***

Los procesos se miden en un lenguaje común de niveles sigma o de defectos por millón de oportunidades, lo que le proporciona al nivel directivo o gerencial un lenguaje con el cual conoce la evolución y efectividad del proceso de mejora.

#### **2.3.6.4 *La implementación de la metodología SEIS SIGMA***

La implementación de SEIS SIGMA es posible no sólo en manufactura y electrónica donde se originó, sino también en cualquier tipo de organización, mejorando y generando mayores utilidades para las mismas.

Para lograr el más alto nivel de implementación de la metodología se requiere de un compromiso con la mejora continua y sobre todo con el enfoque de SEIS SIGMA, iniciando en el más alto nivel de dirección de la organización. Cuando la alta dirección no expresa su visión de la compañía, no trasmite firmeza y ni entusiasmo, no evalúa los resultados y no reconoce los esfuerzos, los programas de mejora continua se transforman en una pérdida de recursos valiosos, es por esta razón que el proceso de implementación de SEIS SIGMA empieza con la sensibilización de los altos directores y ejecutivos para llegar al entendimiento del enfoque de la metodología y para comprender los beneficios y las técnicas que le permitirán a la compañía alcanzar los niveles de calidad más altos.

El siguiente paso consiste en la selección del grupo de profesionales con capacidad y responsabilidad en sus áreas o funciones que van a ser intensivamente formados para liderar proyectos de mejora continua.

#### *2.3.6.5 Descripción del ciclo DMAIC*

El proceso SEIS SIGMA se caracteriza por 5 etapas concretas: que muchos autores la describen como el ciclo DMAIC (Por sus siglas en inglés: Define - Measure - Analyze - Improve - Control) que a su vez significa: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

Esta estrategia de mejora se conoce como el ciclo de procesos DMAIC, que ayuda a identificar en cada uno de las etapas los distintos parámetros a estudiar y controlar.

Otras metodologías que nacen o se derivan del ciclo DMAIC son: DMADOV y PDCA-SDCA

- DMADOV = (Definir, Medir, Analizar, Diseñar, Optimizar y Verificar)
- PDCA-SDVA = (Planificar, Ejecutar, Verificar y Actuar)-(Estandarizar, Ejecutar, Verificar y Actuar)

Métodos que se aplican según la necesidad de la empresa o de la línea de producción, todas buscando un mismo objetivo.

### 2.3.6.6 Fases de la metodología SEIS SIGMA (ciclo DMAIC)

**Tabla 2-2:** Descripción de las herramientas más utilizadas en la metodología SEIS SIGMA

ETAPA	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTAS COMÚNMENTE UTILIZADAS
DEFINIR	En esta fase se realiza un planteamiento de los problemas a resolver, identificando las oportunidades de mejora.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hoja de cálculo / Procesador de palabras.</li> <li>➤ Concepto de crítico para el cliente</li> <li>➤ Diagrama de Grantt/Timeline</li> <li>➤ Diagrama de flujo o Mapa del proceso</li> <li>➤ Balance Scorecards</li> <li>➤ Diagrama de Pareto y Cartas de control</li> <li>➤ Sugerencias / Reclamaciones</li> <li>➤ Diagrama causa – efecto</li> <li>➤ Matriz causa – efecto</li> <li>➤ CTQ Tree</li> <li>➤ FMEA</li> <li>➤ Encuestas / entrevistas / objetivos del grupo</li> </ul>
MEDIR	Esta fase se refiere a la recolección de toda la información relevante sobre el proyecto de mejora, para lo cual es muy importante asegurarse de la confiabilidad de los dispositivos de medición, que pueden ser instrumentos de medición o cuestionarios de evaluación para servicios. Se recolecta información de los indicadores clave del negocio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Plan de recolección de datos</li> <li>➤ Encuestas / entrevistas / objetivos del grupo</li> <li>➤ Hojas de verificación / Hojas de cálculo</li> <li>➤ Diagramas SIPOC o IPO</li> <li>➤ Estadística descriptiva y capacidad del proceso</li> <li>➤ Diagrama de Pareto y cartas de control</li> <li>➤ Análisis de los sistemas de medición</li> <li>➤ Diagrama de flujo o mapa del proceso</li> <li>➤ Diagrama de Grantt / Timeline</li> </ul>
ANALIZAR	En esta fase se hace un análisis, para explorar y dar un diagnóstico del problema a partir de la información obtenida en la fase de la mediación. En ella se identifica las fuentes de variación, los factores que permiten lograr una mejora sustancial y lograr un mejor desempeño del proceso. En algunos casos es necesario en rediseñar el proceso o producto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diagrama de pescado ( Los 5 por qué?)</li> <li>➤ Histogramas</li> <li>➤ Gráficas de dispersión (correlación)</li> <li>➤ Prueba de hipótesis / chi – cuadrada</li> <li>➤ Intervalos de confianza</li> <li>➤ Diagrama de Pareto y cartas de control</li> <li>➤ Regresiones</li> <li>➤ ANOVA</li> <li>➤ DOE</li> <li>➤ Métodos de superficie de respuesta</li> <li>➤ Diagrama de flujo o mapa del proceso</li> </ul>
MEJORAR	Esta fase se refiere a la búsqueda de variables que tienen mayor influencia en la variabilidad y la determinación de los niveles en que deben operar para tener el mejor desempeño del proceso. Para identificar las variables de influencia y sus niveles se utilizan diversos métodos de diseño de experimentos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diagramas de afinidad</li> <li>➤ Prueba de hipótesis</li> <li>➤ Intervalos de confianza</li> <li>➤ DOE</li> <li>➤ FMEA</li> <li>➤ Prueba de error / simulación</li> <li>➤ Diagrama de flujo o mapa del proceso</li> <li>➤ Implementación y plan de validación</li> </ul>
CONTROLAR	Consiste esta fase en el control de las variables críticas que causan la variabilidad de los procesos. Esto es, se asegura que las condiciones del nuevo proceso estén documentadas y monitoreadas de manera estadística con los métodos de control del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cartas de control</li> <li>➤ Mapeo del proceso / monitoreo / plan de respuesta</li> <li>➤ Poka – Yokes</li> <li>➤ Estandarización</li> <li>➤ Procedimientos normalizados de operación MSA o Gage R&amp;R</li> <li>➤ Reporte final</li> </ul>

Fuente: Reyes Primitivo, “Manufactura Delgada (Lean) y SEIS SIGMA

#### 2.3.6.7 *Definir*

En la fase de definición se identifican los posibles problemas que deben ser evaluados por la dirección para evitar la inadecuada utilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se prepara y se selecciona el equipo más adecuado para ejecutarlo, asignándole la prioridad necesaria.

En esta fase deben responderse las siguientes preguntas:

- ¿Qué procesos existen en su área?
- ¿De qué actividades (procesos) es usted el responsable?
- ¿Quién o quiénes son los dueños de estos procesos?
- ¿Qué personas interactúan en el proceso, directa e indirectamente?
- ¿Quiénes podrían ser parte de un equipo para cambiar el proceso?
- ¿Tiene actualmente información del proceso?
- ¿Qué tipo de información tiene?
- ¿Qué procesos tienen mayor prioridad de mejorarse?

#### 2.3.6.8 *Medir*

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes preguntas:

- ¿Sabe quiénes son sus clientes?
- ¿Conoce las necesidades de sus clientes?
- ¿Sabe qué es crítico para su cliente, derivado de su proceso?
- ¿Cómo se desarrolla el proceso?
- ¿Cuáles son sus pasos?
- ¿Qué tipo de pasos compone el proceso?
- ¿Cuáles son los parámetros de medición del proceso y cómo se relacionan con las necesidades del cliente?
- ¿Por qué son esos los parámetros?
- ¿Cómo obtiene la información?

- ¿Qué exactitud o precisión tiene su sistema de medición?

#### 2.3.6.9 *Analizar*

En la fase de análisis, el equipo evalúa los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o "pocos vitales" que afectan a las variables de respuesta del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones:

- ¿Cuáles son las especificaciones del cliente para sus parámetros de medición?
- ¿Cómo se desempeña el proceso actual con respecto a esos parámetros? Muestre los datos.
- ¿Cuáles son los objetivos de mejora del proceso?
- ¿Cómo los definió?
- ¿Cuáles son las posibles fuentes de variación del proceso?
- ¿Cuáles de esas fuentes de variación controla y cuáles no?
- De las fuentes de variación que controla, ¿cómo las controla y cuál es el método para documentarlas?

#### 2.3.6.10 *Mejorar*

En la fase de mejora (improve) el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variables de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones:

- ¿Las fuentes de variación dependen de un proveedor? Si es así, ¿cuáles son?
- ¿Quién es el proveedor?
- ¿Qué está haciendo para monitorearlas y/o controlarlas?
- ¿Qué relación hay entre los parámetros de medición y las variables críticas?
- ¿Interactúan las variables críticas?
- ¿Cómo lo definió? Muestre los datos.
- ¿Qué ajustes a las variables son necesarios para optimizar el proceso?
- ¿Cómo los definió? Muestre los datos.

#### 2.3.6.11 *Controlar*

La fase "control" consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto SEIS SIGMA se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

En esta fase deben responderse las siguientes cuestiones para las variables ajustadas:

- ¿Qué exactitud o precisión tiene su sistema de medición?
- ¿Cómo lo definió? Muestre los datos.
- ¿Cuánto se ha mejorado el proceso después de los cambios?
- ¿Cómo lo define? Muestre los datos.
- ¿Cómo mantiene los cambios?
- ¿Cómo monitorea los procesos?
- ¿Cuánto tiempo o dinero ha ahorrado con los cambios?
- ¿Cómo lo está documentando? Muestre los datos.

#### 2.3.6.12 *Sistema*

Se define como un conjunto de procesos relacionados ordenadamente entre sí para que construyan a cumplir un determinado propósito, satisfacer las necesidades del cliente de manera permanente. (Toda la organización se llamará sistema)

#### 2.3.6.13 *Proceso*

Es el conjunto de etapas, eventos, pasos, actividades o tareas relacionadas entre sí que contribuyen a agregar valor a insumos para lograr productos que el cliente considera de valor y paga por ello.

#### 2.3.6.14 *Insumos*

Es la entrada del proceso y son materiales de información que se convierten o transforman a través de una operación, es importante asegurar que deben cumplir con ciertas especificaciones requeridas en el proceso.

#### 2.3.6.15 *Proveedores*

Ente físico que proporciona los insumos, pueden ser internos o externos.

### 2.3.6.16 *Cliente*

Es la persona más importante de la compañía dependemos de él, es el objetivo de nuestro trabajo, es el que trae sus requerimientos para satisfacerlos y al cumplir estos recibir una contribución económica.

## 2.4 **Calidad**

Con el crecimiento y desarrollo de la organización industrial surge una nueva figura que vendría a reemplazar al antiguo capataz en sus funciones de control: el inspector, encargado inicialmente de clasificar los productos en buenos y defectuosos. Esta parte del proceso se determina por la inspección que se realiza sobre el producto final y por la aparición del sistema de producción en línea creado por Henry Ford.

Además menciona que la calidad se refiere a la satisfacción creada por ciertas características del producto que provocan que los clientes lo compren. La ausencia de deficiencias también es calidad, debido a que estas crean insatisfacción en los compradores.

### 2.4.1 *Características de calidad*

Es raro el producto con una sola característica de calidad. La mayoría tiene 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, por ejemplo llantas que se sueltan del automóvil o frenos que no funcionan.

Un defecto grande: aquella característica de calidad que afecta seriamente el funcionamiento de un producto, por ejemplo, el motor de un automóvil no funciona.

Un defecto menor: aquella característica de calidad que no afecta el funcionamiento del producto, pero que no gusta a los clientes, por ejemplo, una ralladura en un automóvil.

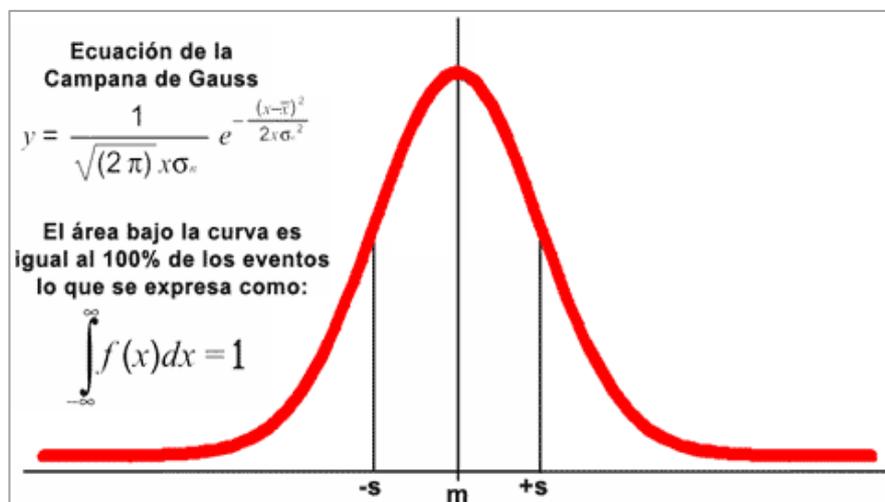
Para algunos productos, la clasificación es más detallada. En términos generales, los defectos críticos no se permitirán jamás, mientras que si es aceptable pequeño número de defectos menores

## 2.5 Control estadístico de proceso (SPC)

El control estadístico de proceso abarca, generalmente, los siguientes métodos: diagrama de Pareto, diagrama causa y efecto, hoja de comprobación, diagrama de flujo de proceso, diagrama de dispersión, histogramas, gráficas de control y gráfica de corrida. (Escobedo, 2012)

### 2.5.1 Distribución normal

La distribución normal es una distribución continua que es definida por la media ( $\mu$ ) y la desviación estándar ( $\sigma$ ). La media es el pico o centro de la curva en forma de campana. La desviación estándar determina la dispersión en los datos. Aproximadamente, el 68% de las observaciones está dentro de +/- 1 desviación estándar de la media; el 95% está dentro de +/- 2 desviaciones estándar de la media y el 99% está dentro de +/- 3 desviaciones estándar de la media.



**Figura 2-2:** Proceso de SEIS SIGMA

Fuente: Escobedo, junio 2012

### 2.5.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, también llamado curva 80-20 o distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades.

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los “pocos vitales” a la izquierda y los “muchos triviales” a la derecha.

El diagrama facilita el estudio comparativo de numerosos procesos dentro de las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos.

El principal uso que tiene este diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización.

### **2.5.3 *Diagrama de causa-efecto***

Un diagrama de causa y efecto (C&E) es una figura formada por líneas y símbolos cuyo objetivo es representar una relación significativa entre un efecto y sus causas. Fue creado por Kaoru Ishikawa en 1943, también se le conoce como diagrama de Ishikawa.

Con los diagramas de causa y efecto se investigan los efectos “malos” y se emprenden acciones para corregir las causas, o los efectos “buenos” y se aprende cuales causas son las responsables, para cada efecto, es probable que haya numerosas causas.

El efecto es la característica de la calidad que debe mejorarse. Las causas se suelen descomponer en los principales métodos de trabajo, materiales, personal y el ambiente.

A veces también se incluyen administración y mantenimiento entre las causas principales. Cada causa principal se subdivide aún más en numerosas causas menores. Por ejemplo, bajo métodos de trabajo se podrían tener entrenamiento, conocimientos, capacidad, características físicas, etc, los diagramas de causa y efecto (que por su forma también se llaman “diagramas de espina de pescado”) son los métodos para representar todas esas causas principales y secundarias.

### **2.5.4 *Hojas de comprobación***

El objetivo principal de las hojas de comprobación es asegurar que los datos se reúnan con cuidado y fidelidad por parte del personal de operación para controlar el proceso y resolver problemas. Los datos deben presentarse de tal manera que se pueden utilizar y analizar con rapidez y facilidad. La forma de la hoja de comprobación se adapta para cada situación y la diseña el equipo del proyecto.

### **2.5.5 Diagrama de flujo de proceso**

Para muchos productos y servicios puede ser útil elaborar un diagrama de flujo, el cual también se conoce como mapa de proceso. Este es un diagrama esquemático que muestra el flujo de un producto o servicio al pasar por las diversas estaciones u operaciones de procesamiento. (Ortega, Julio 2009)

Con el diagrama se visualiza el sistema completo, identifica los puntos problemáticos potenciales y localiza las actividades de control.

### **2.5.6 Mapa de procesos**

Los procesos son la base de la estructura de una organización y se dividen en tres categorías principales como se indica a continuación:

Procesos estratégicos, que son los procesos de gestión que están bajo la responsabilidad de la gerencia.

Procesos centrales, que son los procesos claves, desde el punto de vista que representan la razón de ser del negocio, en el caso de las empresas de carácter industrial representan aquellos procesos de transformación de las materias primas hasta llegar al producto terminado.

Procesos de apoyo, son los que sirven de soporte para el control, mejora y normal funcionamiento de la cadena productiva, es decir constituyen los procesos auxiliares.

### **2.5.7 Histogramas**

El análisis de un histograma puede dar información acerca de las especificaciones, la forma de la distribución de frecuencia para la población, y sobre determinado problema de la calidad.

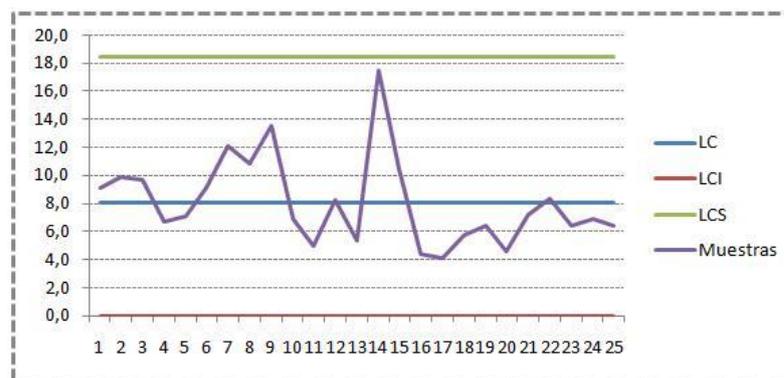
### **2.5.8 Cartas de control**

Se puede definir una carta de control como: un método gráfico para evaluar si un proceso está o no en un estado de control estadístico, es decir cuando sólo actúan causas comunes o aleatorias, inherentes a cualquier proceso.

Las cartas de control son herramientas se utilizan para analizar la variación existente en los procesos de producción con respecto a la calidad y conforme a los parámetros de rendimiento esperados.

Por tal razón 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 se debe a causas especiales o no esperadas, ya que las causas comunes o esperadas están contempladas en el desempeño del proceso, por lo que no originan que los procesos salgan de control estadístico.

Como se puede observar en la fig.3.2, la carta consiste en una línea central (L.C.) y dos pares de líneas límites espaciadas por encima y por debajo de la línea central, que se denominan límite de control superior (L.C.S.) y límite de control inferior (L.C.I.).



**Figura 3-2:** Carta de control  
Fuente: <http://lean-sigma.es/six-sigma.php>

Estos se eligen de tal manera que los valores situados entre los límites puedan atribuirse al azar, mientras que los que caigan fuera puedan interpretarse como una carencia de control. Cuando un punto cae fuera de los límites de control, se le considera problemático; pero aun cuando caiga dentro de los límites de control, una tendencia o algún otro patrón sistemático puede servir para advertir que tal acción debe interpretarse a fin de evitar algún problema serio. Sin embargo no indica la razón o motivo por el cual un proceso está fuera de control.

### 2.5.9 Tipos de cartas de control

Las cartas de control pueden ser por variables o por atributivos, según el tipo del que se trate se tiene un tipo de gráfico específico.

#### 2.5.9.1 Cartas de control por variables

Desde el punto de vista en el control de la calidad el término variable designa a las características medibles, generalmente mediante magnitudes físicas o en términos monetarios.

Cuando se lleva un registro sobre una medida real de una característica de calidad, tal como una dimensión expresada en milímetros, se dice que la calidad se expresa por variables y las cartas que se construyen se llaman cartas de control por variables. (Mustafa, 2012, p. 46)

Como ejemplos, se tienen las dimensiones, la dureza en unidades Rockwell, las temperaturas en grados Fahrenheit, la resistencia a la tensión en kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

#### *2.5.9.2 Cartas de control por atributos*

Cuando las características de la calidad no son medibles y presentan diferentes estados de tipo cualitativo como: conforme, no conforme, defectuoso, no defectuoso, entre otros; la aplicación de las cartas de control es del tipo por atributos.

Cuando se requiere que las características de calidad indiquen nada más que el artículo “se adapta a la norma”, es decir si no existe una medición continua que es crucial para el comportamiento del artículo, el registro se dice que es por atributos y la carta en este caso se llama carta de control por atributos.

A su vez existen cuatro tipos de cartas de control por atributos, según si se desea controlar los defectos o las unidades defectuosas y si los subgrupos que se escogen están conformados por muestras del mismo o de diferente tamaño.

Es así que se emplearán las cartas de control de proporción de unidades defectuosas  $p$  y las cartas que miden el número de defectos por unidad  $u$ .

#### *2.5.9.3 Proporción de unidades defectuosas $p$*

Esta carta de control por atributos determina las variaciones en la fracción o proporción de las unidades o artículos defectuosos por muestra o subgrupo, es decir permite evaluar el desempeño de una parte o de todo un proceso, tomando en cuenta la variabilidad para detectar las causas y cambios especiales que se producen. Esta carta se emplea cuando los subgrupos de muestra son de diferente tamaño.

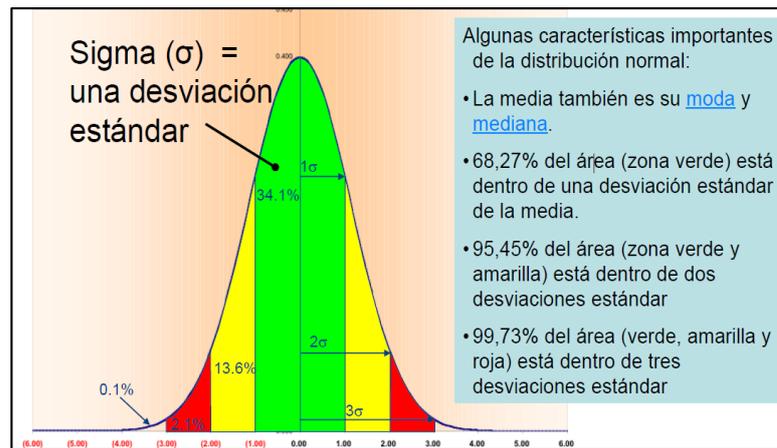
#### *2.5.9.4 Número de defectos por unidad $u$*

Esta carta sirve para analizar la variación del número promedio de defectos que existen por artículo o unidad cuando el tamaño de los subgrupos no es constante. (Carrión A. and Maluenda Molla 2005).

## 2.6 Gráfica de la distribución normal para el SEIS SIGMA

El nivel sigma se establece a partir de la distribución normal o también conocida como campana de Gauss, en la siguiente grafica se observan los distintos niveles y las regiones interiores de la curva, la misma que representan la eficiencia de la calidad correspondiente para cada nivel. Se puede notar que cuando se incrementa el nivel de sigma también se incrementa la región y consecuentemente se elevará la eficiencia.

A continuación en la gráfica se muestra la curva de la función de densidad de probabilidad de la distribución normal, en cuyo caso se considera que la curva está centrada, lo que en la realidad ocurre con muy poca frecuencia.



**Figura 4-2:** Curva estándar de la distribución normal  
Fuente: © 2012 Massachusetts Institute of Technology.

También se interpreta la eficiencia como la probabilidad de no ocurrencia de las fallas o defectos en la línea de producción si el número de defectos por oportunidad DPO es igual a 100. Esto significa que la eficiencia mide el cumplimiento o conformidad de un elemento, componente, subproducto o producto de acuerdo a los requerimientos de calidad.

A continuación se presentan los valores de eficiencia para los principales niveles de sigma.

**Tabla 3-2:** Niveles sigma y eficiencia de la calidad

NIVEL SIGMA $\sigma$	DPMO	EFICIENCIA %
1	690 000	31
2	308 538	69
3	66 807	93,3
4	6 210	99,38
5	233	99,977
6	3,4	99,99966

Fuente: Reyes Primitivo, "Manufactura Delgada (Lean) y SEIS SIGMA  
Realizado por: el autor

## CAPÍTULO III

### 3 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

#### Datos generales

NOMBRE: CORPORACIÓN MEGABUSS

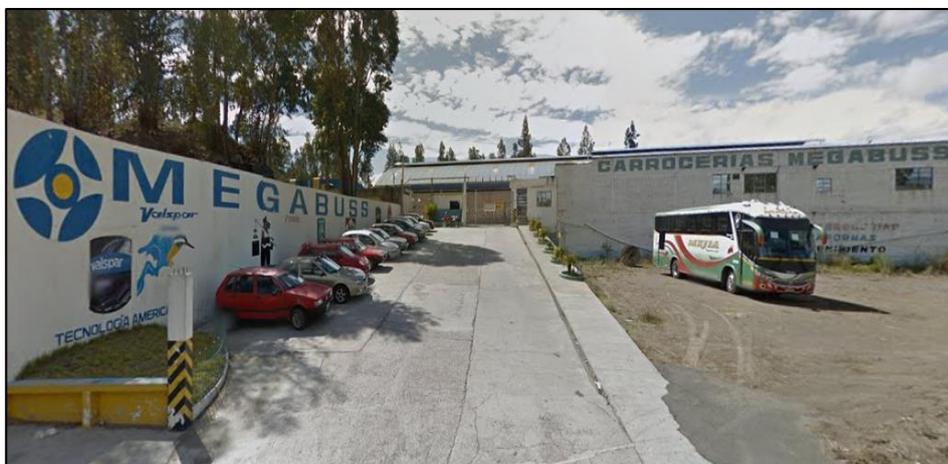
DIRECCIÓN: Planta de Producción “Panamericana Norte Km. 5 ½” Riobamba-Ecuador

TELÉFONO: 0958914210

CIUDAD: Guano

PROVINCIA: Chimborazo

CORREO: corpmegabuss@gmail.com



**Figura 1-3:** Portada fábrica CORPORACIÓN MEGABUSS

Fuente: Elaboración Propia

**Descripción:** CORPORACIÓN MEGABUSS es una empresa perteneciente al sector carrocerero, con más de 20 años de trayectoria en el país, se encuentra localizada en la provincia de Chimborazo al norte de la ciudad de Riobamba, dedicada a la fabricación, reparación y mantenimiento de carrocerías, posee un área aproximada de 5000m<sup>2</sup>, que se encuentra dividido en 2 naves industriales y un edificio administrativo.

#### Reseña de CORPORACIÓN MEGABUSS

CORPORACIÓN MEGABUSS, en la actualidad ha crecido y se ha ido posesionando entre las empresas más importantes en el Ecuador en cuanto a fabricación, reparación y mantenimiento de carrocerías, fundada en el año 1995 con el nombre de “Carrocerías Alvarado” la misma que nace

como un pequeño taller artesanal metal mecánico ubicado en la ciudadela 24 de mayo, por su rápido crecimiento en el año 1998 la empresa tuvo que ampliar sus instalaciones y deciden trasladar una parte de sus instalaciones al Km 1 vía a Quito, en este año su gerente general Luis Alvarado decide cambiar de nombre de la empresa a carrocería MEGABUSS.

“MEGABUSS” En el año 2007 traslada sus instalaciones hasta la panamericana norte Km 5 ½ vía Quito, la misma que cuenta con dos naves industriales principales, subdivididas en áreas de trabajo, en el año 2016 MEGABUSS toma el nombre a CORPORACIÓN MEGABUSS.

A continuación se presenta el modelo tipo para nuestro estudio fabricado en la planta de producción de CORPORACIÓN MEGABUSS.

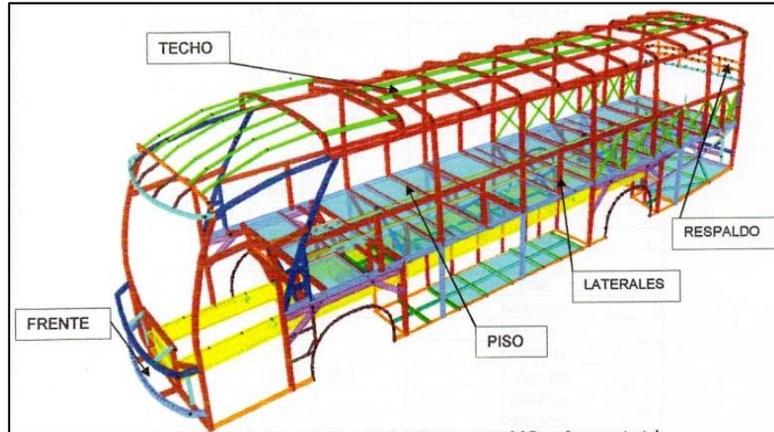


**Figura 2-3:** Portada del bus tipo provincial

Fuente: corporación Megabuss.

### Componentes de la estructura para carrocerías interprovinciales

Toda la estructura se encuentra unida por medio del proceso de soldadura GMAW, la misma que recibe un tratamiento térmico que ayuda a la proteger contra corrosión por dentro y por fuera. Cada uno de los componentes son soldados por separado, para luego ser unido al chasis teniendo una secuencia lógica de construcción, iniciando la conformación del piso que es la base del resto de elementos, luego se conforman las partes laterales y finalmente se realizan la parte frontal y posterior, conformando de esta manera la estructura propiamente dicha como se muestra en la figura 3-3



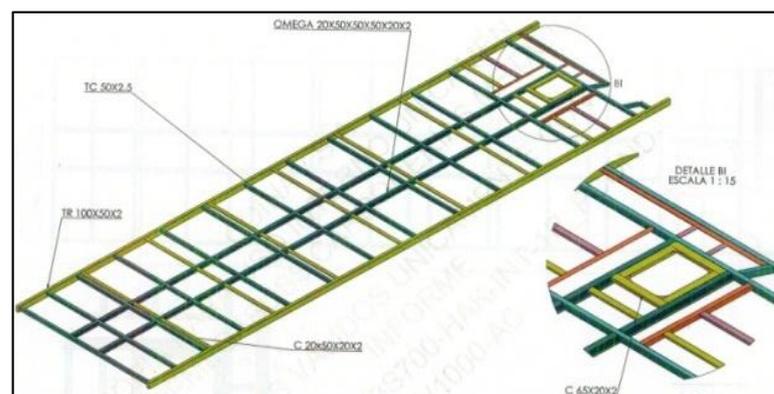
**Figura 3-3:** Componentes de la estructuras para carrocerías.  
**Fuente:** Elaboración Propia

**CHASIS.-** El chasis consiste en una estructura interna que sostiene y aporta rigidez, consta de un armazón que integra entre sí y sujeta tanto los componentes mecánicos, como el grupo motopropulsor y la suspensión de las ruedas, motor incluyendo la carrocería.



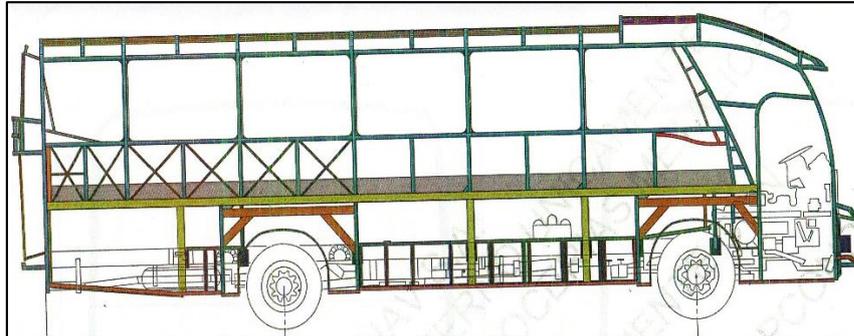
**Figura 4-3:** Chasis para bus interprovincial  
**Fuente:** Corporación Megabuss.

**PISO.-** Es la estructura interna que sostiene a la estructura, la misma que está unido a los suples, estos a su vez se unen mediante pernos y soldadura al chasis conformando el piso de la carrocería.



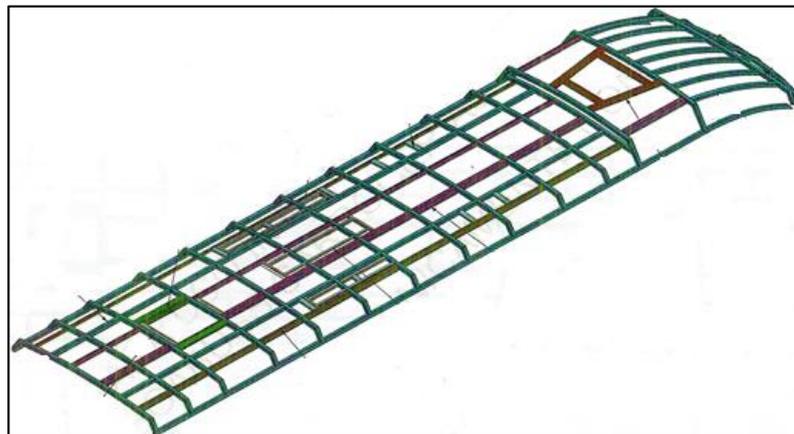
**Figura 5-3:** Piso para bus interprovincial  
**Fuente:** Corporación Megabuss.

**LATERALES.-** Los laterales son elementos que dan la forma según el modelo de la carrocería, los mismos van soldados al piso mediante soldadura, a su vez sirve de sujeción de otros elementos.



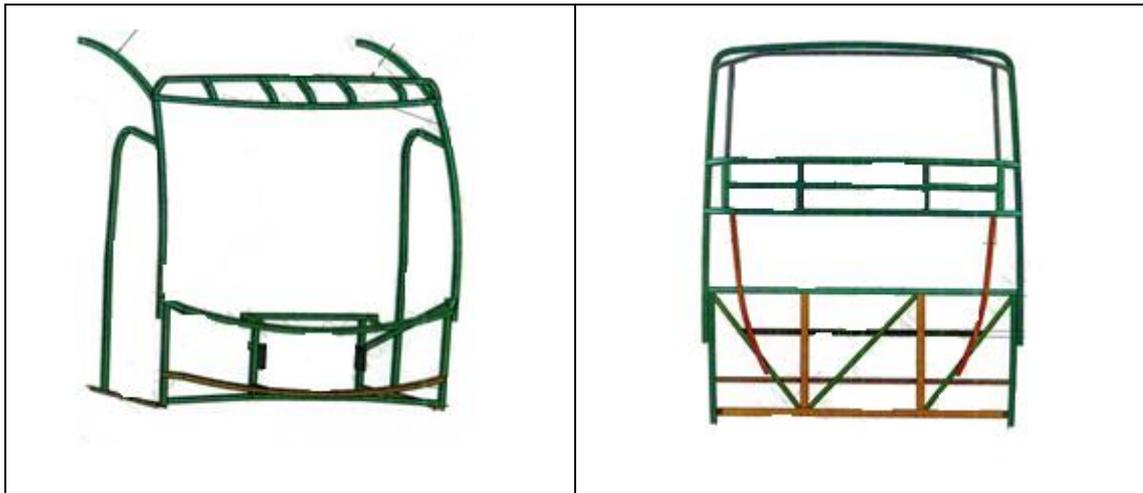
**Figura 6-3:** Estructura lateral  
Fuente: Corporación Megabuss.

**TECHO O CUBIERTA.-** El techo o cubierta es el elemento que encierra la carrocería para dar forma al modelo deseado, la misma que se une a las partes laterales como también al frontal y posterior para conformar la carrocería propiamente dicha.



**Figura 7-3:** Estructura de techo o cubierta  
Fuente: Corporación Megabuss.

**FRONTAL Y POSTERIOR.-** Es la estructura que representa la imagen del bus, en la misma se detallan todas las características físicas externas, por tal razón se debe tener mucho cuidado en su ensamble para de esta forma garantizar su estética, La estructura posterior cuenta con una serie de curvas las cuales se deben ensamblar perfectamente para dar forma al modelo deseado de la estructura.



**Figura 8-3:** Estructura frontal y posterior de carrocerías  
**Fuente:** Corporación Megabuss

### 3.1 Mapa de procesos

**Proceso.-** Es un conjunto de actividades y recursos interrelacionados que transforman elementos de entrada en elementos de salida aportando valor añadido para el cliente o usuario. Los recursos pueden incluir: personal, finanzas instalaciones, equipos técnicos, métodos, etc. El propósito que ha de tener todo proceso es ofrecer al cliente usuario un servicio correcto que cubra sus necesidades, que satisfaga sus expectativas, con el mayor grado de rendimiento en coste, servicio y calidad.

**Procedimiento.-** Es la forma específica de llevar a término un proceso o una parte del mismo. Los resultados deseados en los procesos dependen de los recursos, la habilidad y motivación del personal involucrado en el mismo, mientras los procedimientos son sólo una serie de instrucciones elaboradas para que las siga una persona o conjunto de personas.

#### 3.1.1 *Mapa de procesos*

Es una herramienta grafica que diagrama en los niveles los procesos y actividades de la organización con el objeto de comprenderlos, analizarlos y mejorarlos; para crear una mayor satisfacción de los clientes y un mejor rendimiento de la empresa o negocio” (Rodríguez, 2015. pág. 65)

El mapa de procesos proporciona una perspectiva global local, obligando a “posicionar” cada proceso respecto a la cadena de valor. Al mismo tiempo, relaciona el propósito de

la organización con los procesos que lo gestionan, utilizándose también como herramienta de consenso y aprendizaje.

### **3.1.2 Tipos de procesos**

**Procesos estratégicos:** Los procesos estratégicos se definen como aquellos procesos que se encuentra directamente vinculados al ámbito de las responsabilidades de la dirección y, generalmente, al largo plazo. Se refiere principalmente a procesos de planificación y otros procesos que se encuentren ligados a factores clave o factores estratégicos.

Los procesos estratégicos conducen a los operativos mediante pautas de gestión o estratégicas, y los procesos de apoyo colaboran en su desarrollo.

**Procesos operativos:** Los procesos operativos se definen como aquellos procesos que se encuentran directamente ligados a la realización del producto y/o la prestación del servicio. Por ello se conocen como los procesos de “línea”.

Dichos procesos cuentan con una visión completa del cliente, desde el conocimiento de los requisitos del producto o servicio, hasta el análisis final de satisfacción, una vez el cliente ha recibido el producto o servicio.

Estos procesos ocupan normalmente el bloque central del mapa de procesos, el cual sí que difiere según la actividad que se desarrolle.

**Procesos de apoyo:** Los procesos de soporte se definen como aquellos procesos que ofrecen soporte a los procesos operativos. Se refiere principalmente a procesos relacionados con recursos y mediciones.

3.1.3 Mapa de procesos de la fábrica de buses CORPORACIÓN MEGABUSS

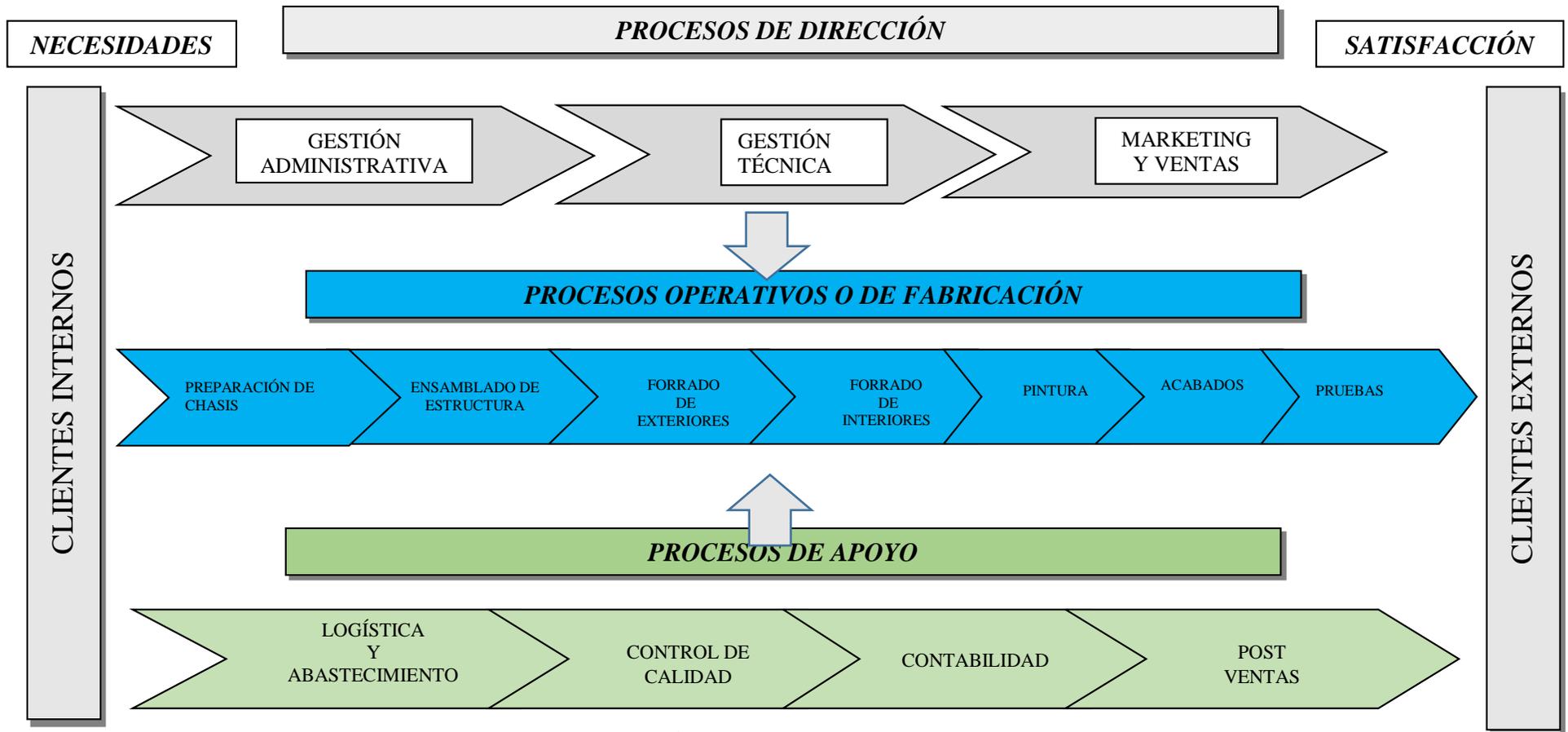
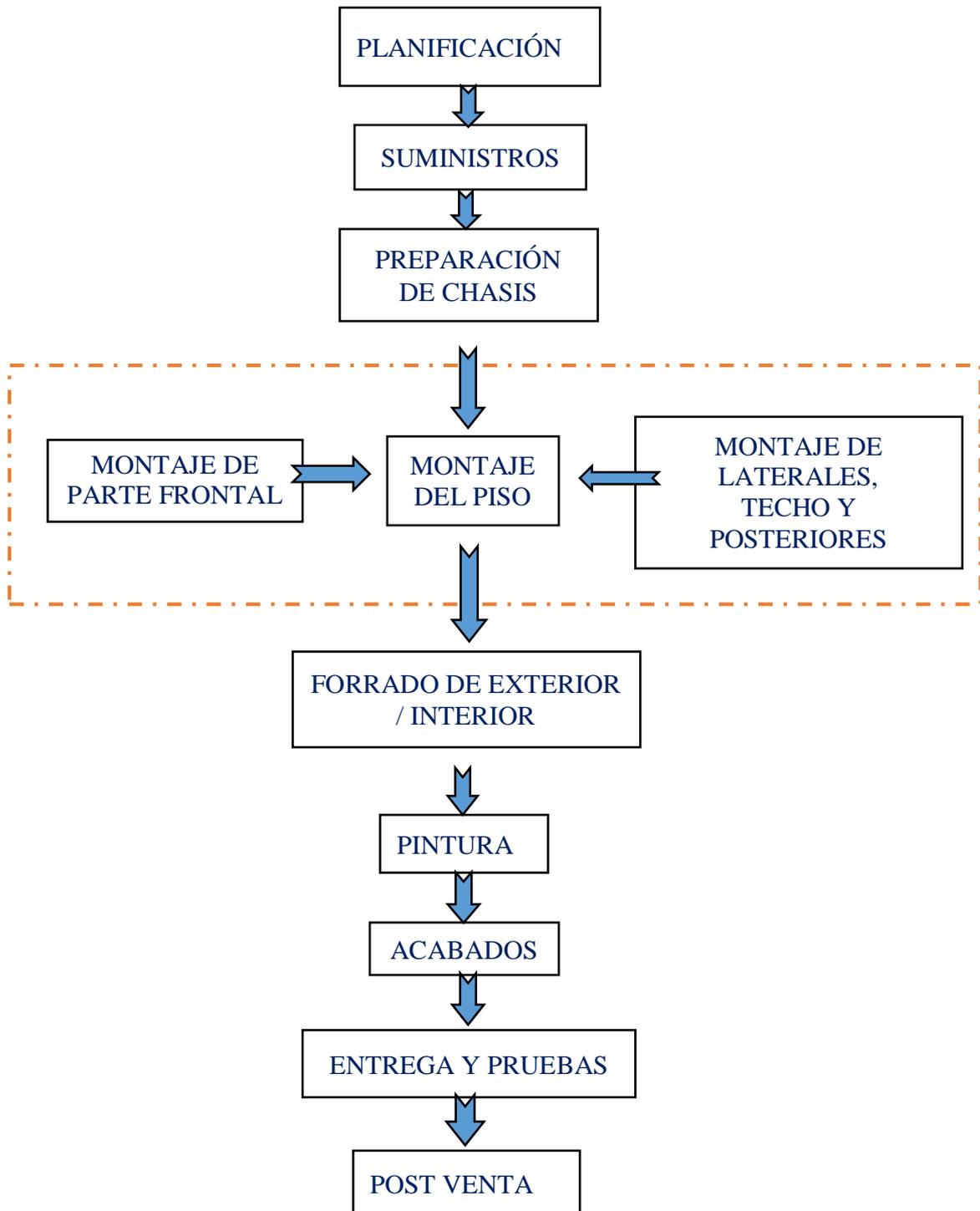


Figura 9-3: Mapa de procesos de la fábrica de buses CORPORACIÓN MEGABUSS

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2 Flujo de procesos operativos de la empresa CORPORACIÓN MEGABUS

La planta de producción se encuentra integrada por 11 procesos de manufactura, las cuales se encuentran descritas a continuación:



**Figura 10-3:** Diagrama de flujo de los procesos de la fabricación de carrocerías

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 Proceso de manufactura de estructuras para buses interprovinciales

El desarrollo del parque automotor ecuatoriano y la creciente demanda de medios de transporte público seguros, han obligado a mejorar la calidad de servicio del sector automotriz del país. En este contexto se realiza un estudio de los procesos que se desarrollan para la fabricación de estructuras para carrocerías de buses interprovinciales, los mismo que nos permiten identificar, evaluar y realizar las mejoras o cambios en la línea de producción para garantizar una estructura de muy altos estándares.

#### 3.3.1 Descripción del proceso

La línea de producción de estructura para carrocerías de buses interprovinciales es fundamental para la calidad de nuestros productos, ya que en ella se monta, se instala y se realiza los acabados de la carrocería, se puede decir que es la base para el resto de procesos, para estudiar de mejor manera las actividades que contiene la fabricación de estructuras realizaremos el diagrama de procesos, el mismo que basado en símbolos estandarizados nos ayuda a tener como se va conformando paso a paso la carrocería.

#### 3.3.2 Diagrama de procesos

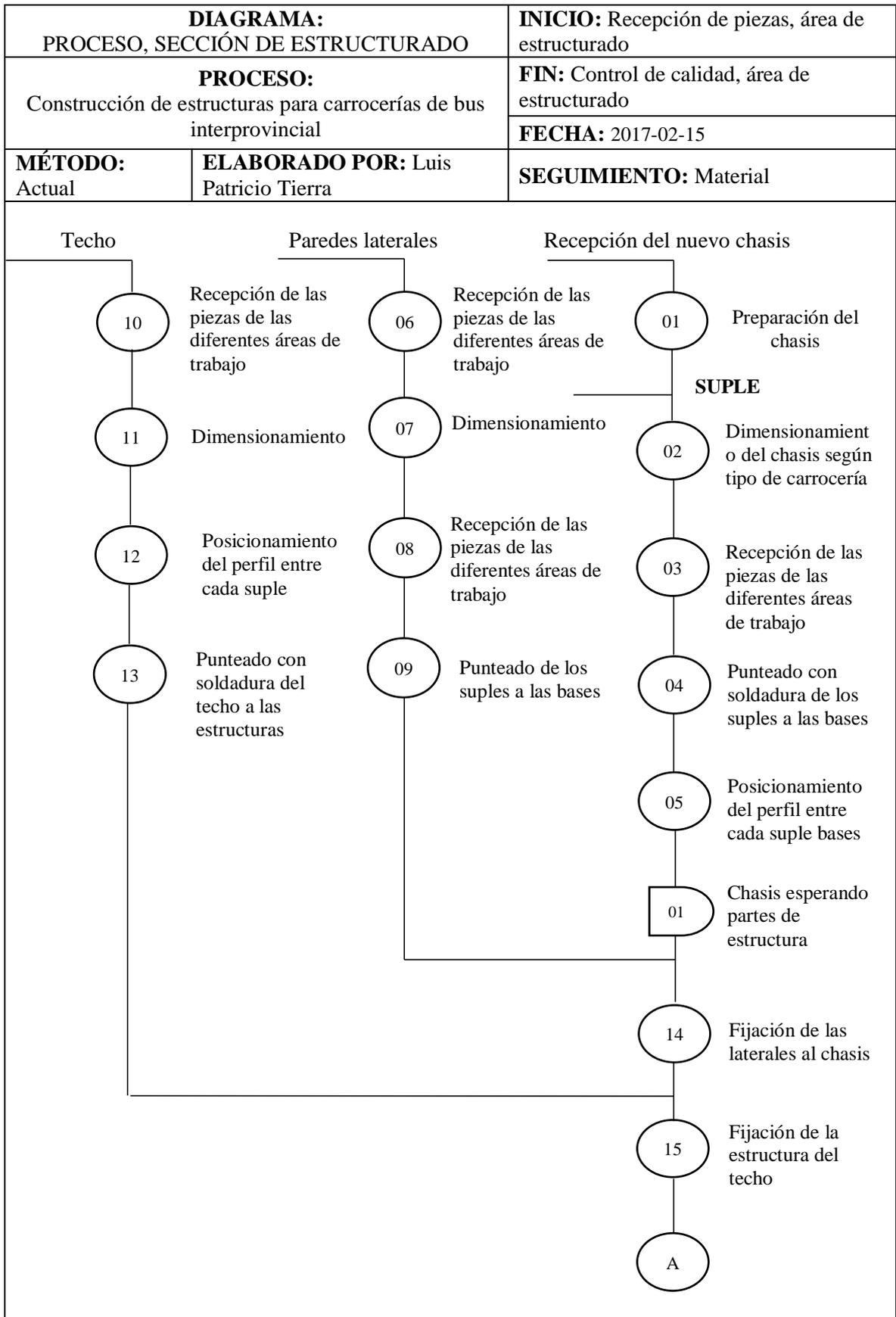
Son representaciones gráficas de la secuencia cronológica de todas las operaciones realizadas en los talleres, máquinas o puestos de trabajo, tales como inspecciones, manipulación de materiales, tiempos de espera etc., cada acción se halla representada por medio de símbolos convencionales normalizados propuestos por la ASME.

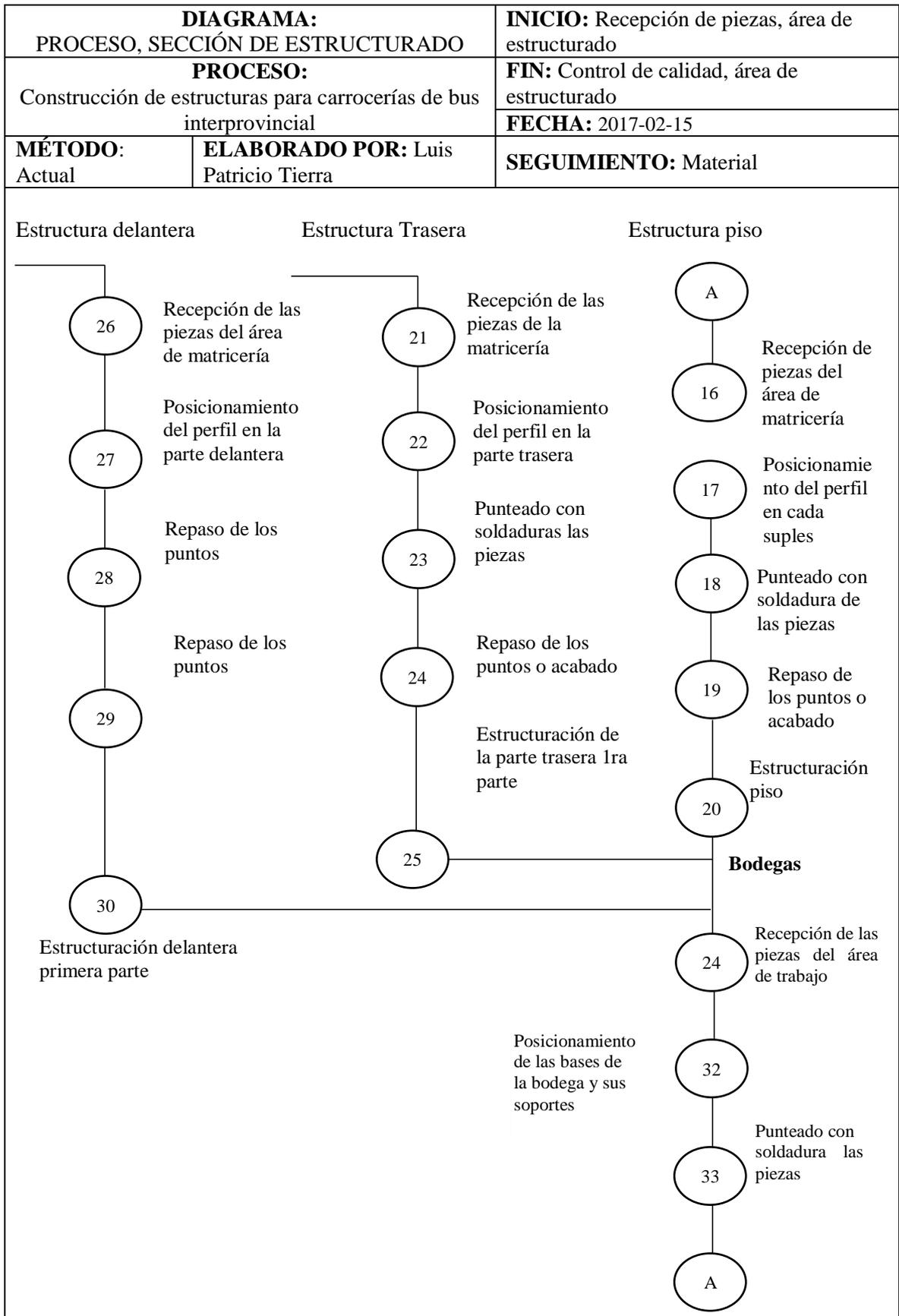
**Tabla 1-3** Simbología utilizada para la creación de diagramas de flujo

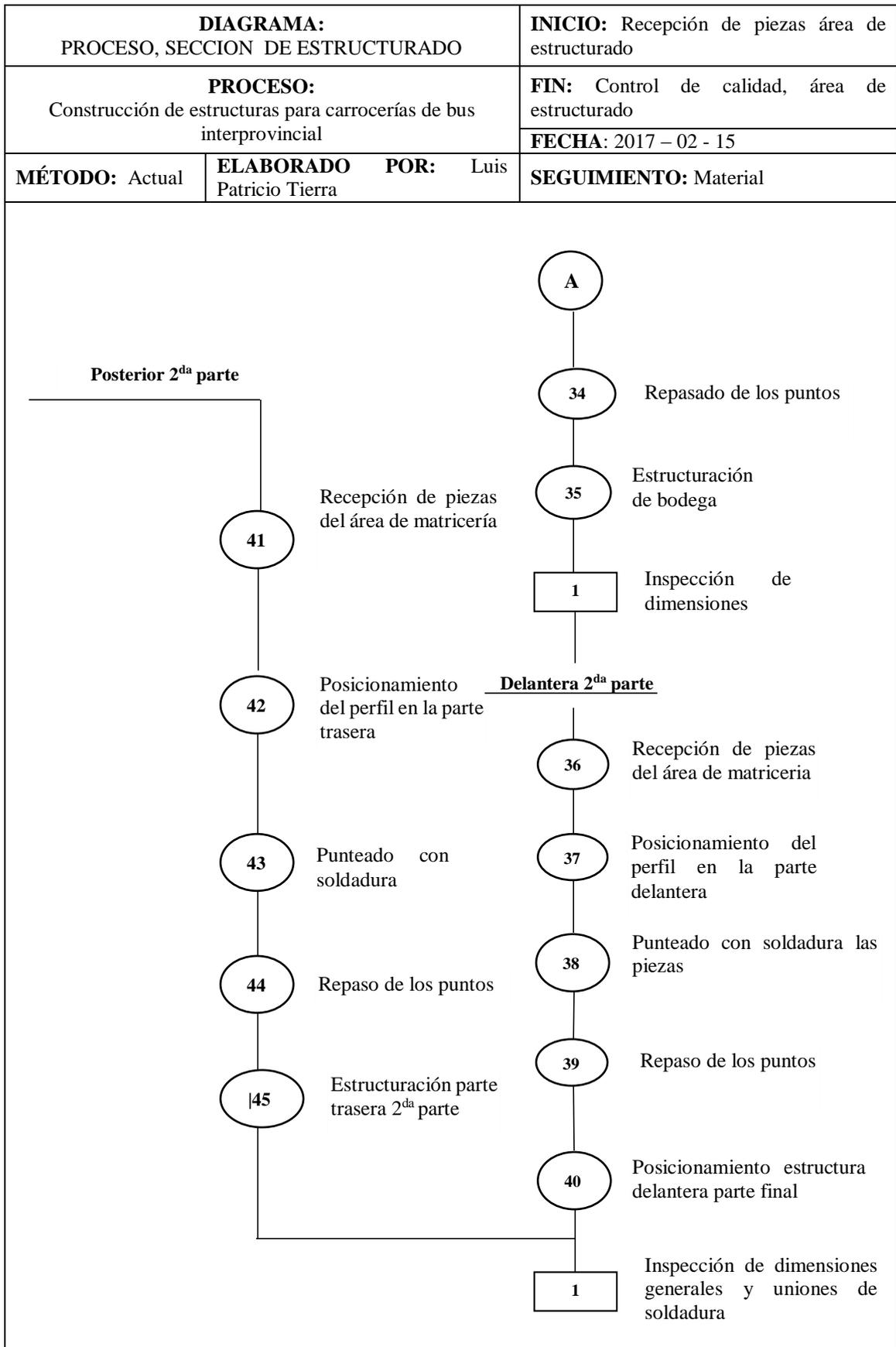
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UTILIZACIÓN
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento; corresponde a los procesos de transformación.
	INSPECCIÓN	Indica que se verifica la calidad, las características y/o la cantidad de un producto o componente. Es parte de un examen de control para determinar la conformidad con una norma o estándar.
	TRANSPORTE	Da a conocer el movimiento de material, materia prima en transformación o componentes de un sitio a otro. Ejemplo. Revisar la ortografía de una carta, o calidad de un producto.
	DEMORA	Cuando se hace una pausa breve entre 2 etapas del proceso. Ejemplo. Cuando una carta está en la papelera pendiente de ser tramitada.

Fuente: Norma y certificaciones ASME

Elaborado por: Patricio Tierra.







**Figura 11-3:** Cursograma sinóptico del proceso de producción de carrocerías.

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 2-3:** Resumen de actividades del proceso de estructurado de carrocerías

RESUMEN DEL DIAGRAMA DE PROCESO	
ACTIVIDADES	NÚMERO DE ACTIVIDADES
Operación	45
Inspección	2
Trasporte	0
Demora	1
Almacén	0
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: El autor.

### 3.4 Problemas detectados en los procesos de carrocerías

Para obtener un criterio claro de las dificultades y problemas actuales que atraviesa el proceso constructivo de estructuras para carrocerías interprovinciales en la planta de producción CORPORACIÓN MEGABUSSS y determinar la calidad actual se ha realizado una encuesta a los trabajadores de esta sesión, como también una entrevista al Gerente de la empresa, con los resultados obtenidos de los problemas encontrados se procede a realizar los siguientes análisis e interpretaciones.

### 3.5 Encuestas

La encuesta realizada consta de un cuestionario de varias preguntas de tipo cerrado, que están dirigidas a los trabajadores del área de estructuración de la empresa, acorde al formato que se indica en el anexo A, la información obtenida de carácter general nos ayudará a entender las posibles oportunidades de mejora según el criterio del personal involucrado en cada actividad., estos resultados nos ayudan a interpretar que variables, parámetros deben ser medidas para encontrar nuestro nivel de calidad actual de la sesión de estructuras de la planta de producción.

#### 3.5.1 Desarrollo de la encuesta

Posterior a la aplicación de la encuesta se obtuvieron los siguientes resultados

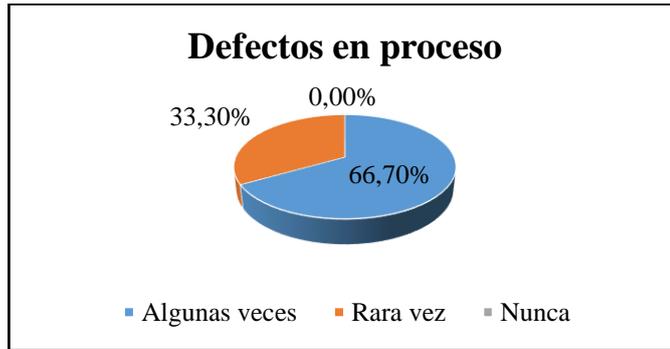
1.- ¿Existen productos defectuosos en el proceso que realiza?

**Tabla 3-3:** Pregunta 1

OPCIÓN	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA
Algunas veces	4	66,7%
Rara vez	2	33,3%
Nunca	0	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: El autor.



**Figura 12-3:** Pregunta 1, defectos en procesos  
**Fuente:** Elaboración propia.

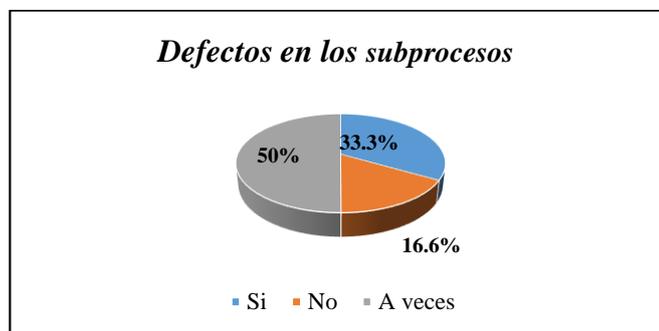
**Interpretación:** Una vez realizada la encuesta los trabajadores manifiestan sobre la existencia de productos defectuosos que llegan a su puesto de trabajo como consecuencia de los procesos previos, un 66,7% coinciden que ocurre algunas veces, el 33,3% de los encuestados manifiestan que rara vez se presenta tal situación. Cada uno menciona que las posibles causas se deben a los equipos defectuosos y al no realizar el proceso correctamente.

2. ¿Le han reclamado a usted por errores en el subproceso de fabricación?

**Tabla 4-3:** Pregunta 2

OPCIÓN	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA
Si	2	33,3%
No	1	16,6%
A veces	3	50%
TOTAL	6	100 %

**Fuente:** Elaboración propia  
**Realizado por:** El autor.



**Figura 13-3:** Pregunta N° 2, defectos en los subprocesos  
**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:** Como se puede apreciar en la figura, el 50,0% de operarios admite que a veces le han reclamado por los errores cometidos en las tareas asignadas, mientras que el 33,33%

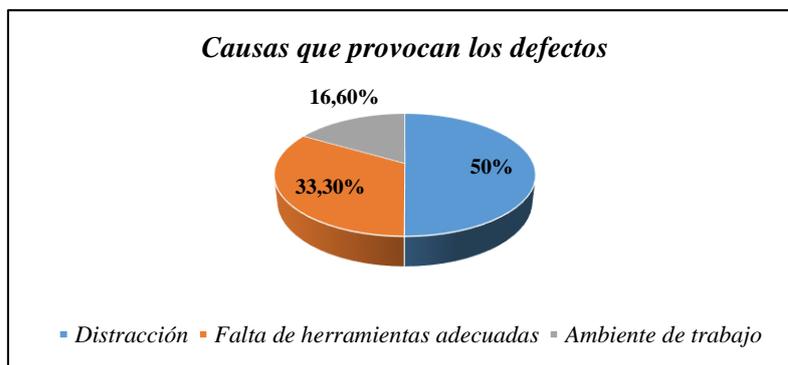
manifiesta que si ha sido llamado la atención por tal motivo y uno solo manifiesta que jamás lo han llamado la atención por errores. Basándonos en esta información podemos concluir que la gran mayoría de trabajadores ha sido víctima de reclamo por el cumplimiento de sus tareas en referencia a la calidad del producto que elaboran.

3. Los errores en los puestos de trabajo se pueden dar debido a:

**Tabla 5-3:** Pregunta 3

OPCIÓN	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA
Distracción	3	50%
Falta de herramientas adecuadas	2	33,3%
Ambiente de trabajo	1	16,6,0%
TOTAL	6	100%

Fuente: Elaboración propia  
Realizado por: El autor.



**Figura 14-3:** Pregunta 3, causas que provocan defectos

Fuente: Elaboración propia.

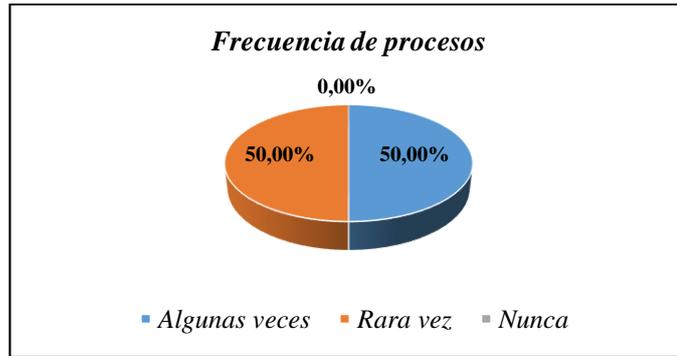
**Interpretación:** Una vez tabulada las repuestas podemos observar que existen productos defectuosos que llegan a su puesto de trabajo como consecuencia de los procesos previos, un 50,0% manifestó que esto ocurre por distracción, el 33,3% indica que se presenta tal situación por falta de herramientas y el 16,60% es producido por el ambiente de trabajo. Por lo tanto existen deficiencias de calidad después de cada proceso, aunque no es tan recurrente, pero se deben aplicar medidas correctivas para disminuir su incidencia.

4. ¿Con qué frecuencia se realizan reprocesos?

**Tabla 6-3:** Pregunta 4

OPCIÓN	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA
Algunas veces	3	50,0%
Rara vez	3	50,0%
Nunca	0	0,0%
TOTAL	6	100

Fuente: Elaboración propia



**Figura 15-3:** Pregunta 4, frecuencia de procesos  
Fuente: Elaboración propia.

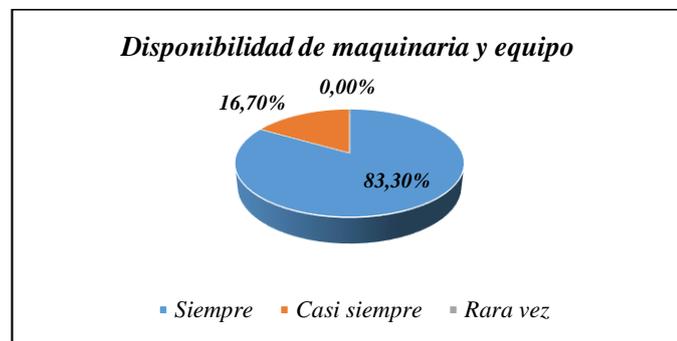
**Interpretación:** En la opinión del 50% de los encuestados algunas veces se realizan reprocesos, mientras que igual porcentaje manifiesta que rara vez se vuelve a realizar una operación previa y nadie da a conocer que nunca se requiera repetir un proceso, se realizan reprocesos con cierta frecuencia, aunque su incidencia parece no ser tan alta, sin embargo amerita tomar acciones correctivas para minimizar esta necesidad.

5. ¿Las máquinas y herramientas están disponibles para ser utilizadas cuando son requeridas?

**Tabla 7-3:** Pregunta 5

OPCIÓN	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA
Siempre	5	83,3%
Casi siempre	1	16,7%
Rara vez	0	0,0%
TOTAL	6	100%

Fuente: Elaboración propia  
Realizado por: El autor.



**Figura 16-3:** Pregunta 5, disponibilidad de maquinaria y equipo  
Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** El 83,3% de los trabajadores consideran que las máquinas y herramientas siempre están disponibles para ser utilizadas, en tanto que según el 16,7% casi siempre se cuenta

con esa ventaja y ninguna de las personas dice que rara vez el abastecimiento de máquinas y herramientas sea oportuno.

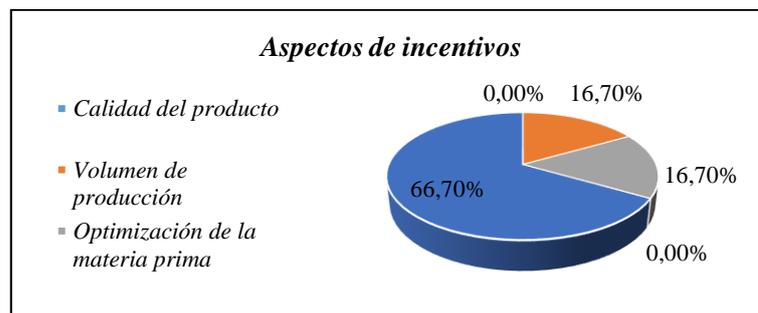
6. ¿Por cuál de los siguientes aspectos le dan incentivos?

**Tabla 8-3:** Pregunta 6

OPCIÓN	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA
Calidad del producto	0	0,0%
Volumen de producción	1	16,7%
Optimización de la materia prima	1	16,7%
Otro motivo	0	0,0%
No se dan incentivos	4	66,7%
TOTAL	6	100%

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: El autor.



**Figura 17-3:** Pregunta 6, aspectos de incentivos

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Analizando los resultados se puede decir que el 66,7% de los trabajadores están seguros que no se dan incentivos por el cumplimiento de su trabajo, un 16,7% indica que los incentivos del trabajo se hacen por el volumen de producción que se ha fabricado y el restante 16,7% dice que los incentivos obedecen a la optimización de la materia prima, mientras que ninguno señala que existan incentivos por la calidad de la producción o por algún otro motivo diferente.

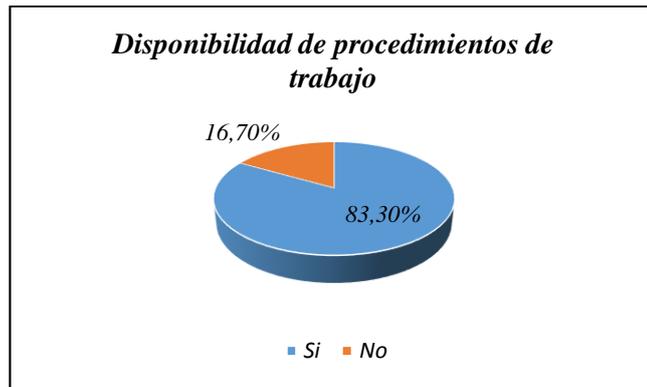
7. ¿Dispone de órdenes de trabajo o instrucciones para la ejecución de sus tareas?

**Tabla 9-3:** Pregunta 7

OPCIÓN	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA
Si	5	83,3%
No	1	16,7%
TOTAL	6	100%

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: El autor.



**Figura 18-3:** Pregunta 7, disponibilidad de procedimiento de trabajo  
**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:**

Los operarios señalan que si se utilizan procedimientos de trabajo para la realización de las actividades según el 83,3% de ellos, en tanto que el restante 16,7% manifiesta que no es así.

**3.5.2 Interpretación general**

Analizando e interpretando las respuestas de los trabajadores del área de estructurado de CORPORACIÓNMEGABUSS, actualmente se presentan problemas de calidad en cada una de las áreas de mecanizado, los defectos y fallas se originan en las áreas de matricería y de maquinaria, donde se realizan las actividades de recepción, dimensionamiento, corte, doblado, moldeado y soldadura cada uno de los elementos que conforman la estructura propiamente dicha. Se puede decir que la empresa no cuenta con herramientas para el control de la calidad, mucho menos con un modelo de sistema de gestión, por tal motivo los controles de calidad que se realizan son empíricos, no cuentan con registros, histogramas y muchos de ellos son realizados por los mismos operarios, por otro lado no se cuenta con un programa de capacitación continuo para la ejecución de las labores. Todo esto está repercutiendo en la calidad del producto, encontrando con ello insatisfacción en el cliente interno como externo, traduciéndose esto en reclamos.

**3.6 Evaluación técnica de la calidad actual en el proceso de estructuras**

Para evaluar la calidad del proceso dentro de la fabricación de estructuras se va a utilizar un indicador que pertenece a la metodología SEIS SIGMA, en este caso utilizaremos los Defectos Por Millón de Oportunidades, que indica y calcula la medida de la eficiencia de un proceso con base en el conteo de defectos 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.

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

$$DPMO = \frac{1'000000 \times \text{Número de defectos}}{\text{Número de unidades} \times \text{Número de oportunidades por unidad}}$$

En donde:

**D = Número de defectos:** Es la cantidad de elementos fuera de especificación (no conformidades) que existen en cierta cantidad de unidades de muestra, pudiendo ser más de una por cada unidad.

**N = Número de unidades procesadas:** es la cantidad de productos o el número de elementos totales de la muestra considerada.

**NPU= Número de oportunidades por unidad:** es la cantidad de defectos posibles dentro de una misma unidad o producto.

De la fórmula anterior si se elimina el valor de un millón, se mide el número de defectos por oportunidad DPO.

Para nuestro estudio la evaluación de defectos por millón de oportunidades, los niveles sigma y la eficiencia de la producción en la sección de armado de estructuras en la empresa CORPORACIÓN MEGABUS se ha desarrollado un estudio estadístico, el cual consiste en contabilizar el número de unidades producidas por procesos. Para los procesos de medición y corte se ha realizado el conteo de cada uno de los elementos que intervienen en la estructura, para el proceso de soldadura se ha realizado una toma de datos en campo del número de unidades que se realizan.

**Tabla 10-3:** Detalle de la población para la identificación y cuantificación de los defectos

<b>MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD</b>			
	<b>OPERACIÓN</b>	<b>UNIDADES PRODUCIDAS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>ESTRUCTURA BUS INTERPROVINCIAL</b>	INSPECCIÓN DEL MATERIAL	50	Golpes por manipulación Espesores no especificados
	MEDIDAS DE ELEMENTOS	518	Piezas más grandes Piezas más pequeñas
	CORTE ELEMENTOS	518	Piezas más grandes Piezas más pequeñas, Piezas descuadradas Cortes mal realizados Exceso de viruta
	DOBLADO DE ELEMENTOS	58	Matriz defectuosa Elementos no homogéneos
	ESMERILADO DE CORTE	762	Superficies irregulares
	PUNTEADO PARA SOLDADURA	718	Poros, agujeros
	SOLDADURA DE ELEMENTOS	718	Discontinuidad en los cordones Poca penetración Concavidad externa o falta de relleno Socavaduras o mordeduras Salpicaduras Monta en la soldadura Exceso de rebajado Chispazos Agrietamientos

**Fuente:** Elaboración propia

**Realizado por:** El autor.

En la tabla 3-4 se presenta el consolidado de las unidades producidas, como también los defectos encontrados en cada una de ellas, en el anexo C encontramos el detalle de cada elemento medido para nuestro estudio

**Tabla 11-3:** DPMO por cada operación en la fabricación de estructuras para buses interprovinciales

PROCESO	NÚMERO DE UNIDADES	NÚMERO DE DEFECTOS	NÚMERO DE OPORTUNIDADES	TOTAL DE OPORTUNIDADES	DPMO	NIVEL SIGMA	DESCRIPCIÓN DE OPORTUNIDADES DE DEFECTOS POR UNIDADES
Inspección de materia prima	50	26	1	50	520000	1,45	Golpes por manipulación
Mediciones	518	441	2	1036	425675,68	1,69	Longitudes mayores, longitudes menores
Corte	518	518	2	1554	407335,907	1,3	Piezas grandes, piezas pequeñas,
Esmerilado	762	396	1	450	440000,00	1,65	Exceso de viruta
Doblado	58	32	1	58	551724,14	1,37	Elementos fuera de forma
Punteado de elementos	718	345	1	718	480501,39	1,55	Uniones defectuosas
Soldadura	718	718	5	3590	600000,00	1,25	Discontinuidad en los cordones, poca penetración, concavidad externa o falta de relleno, socavaduras o mordeduras, salpicaduras, monta en la soldadura
Acabado superficial	312	278	2	624	445512,82	1,66	Sobre montas. Cordones irregulares
<b>TOTAL PROMEDIO</b>	<b>3342</b>	<b>2754</b>	<b>2,0</b>	<b>8180</b>	<b>483843,74</b>	<b>1,47<math>\sigma</math></b>	

Fuente: Elaboración propia  
Realizado por: El autor.

Como se puede observar en la Tabla 3-4, los niveles de sigma fluctúan entre  $1,25\sigma$  y  $1,69\sigma$ , mientras que para todo el proceso se alcanza un nivel sigma de  $1,47\sigma$ , la misma que equivale a una eficiencia global de 45%. Estos resultados reflejan que no todos los procesos tienen la misma eficiencia, por tal razón el nivel de SIGMA varía, afectando de manera directa al nivel de calidad de los procesos. Por tal motivo se presenta la necesidad de aplicar una metodología para controlar y mejorar los procesos del área de fabricación de estructuras para buses interprovinciales.

### 3.6.1 Cálculo del rendimiento del proceso

Una vez determinado el nivel de sigma del proceso de fabricación de estructuras procedemos a determinar el rendimiento del proceso, para el cual con la ayuda de una hoja de cálculo en Excel procedemos a realizar cálculo y validamos los datos anteriores.

**Tabla 12-3:** Productividad o rendimiento del proceso

1. Número de unidades procesadas	N=	3342
2. Porcentaje de posibilidades de encontrar el defecto	O=	100%
3. Numero de defectos detectados	D=	2754
4. Porcentaje de Defectos	$DPU=D/(N \times O)$	52,5%
5. Productividad (Rto. del proceso)	$=(1-DPU) \times 100$	47,5%
6.	Nivel sigma del proceso =	1,44

Fuente: Elaboración propia  
Realizado por: El autor.

Como podemos observar en la tabla para un nivel de sigma de  $\sigma = 1,44$  tenemos una productividad o rendimiento de 47,5% en todo el proceso de fabricación de estructuras, realizando una comparación con los valores establecidos en la tabla 3.6 podemos observar que el valor encontrado es válido.

**Tabla 13-3:** Nivel de sigma y rendimiento del proceso

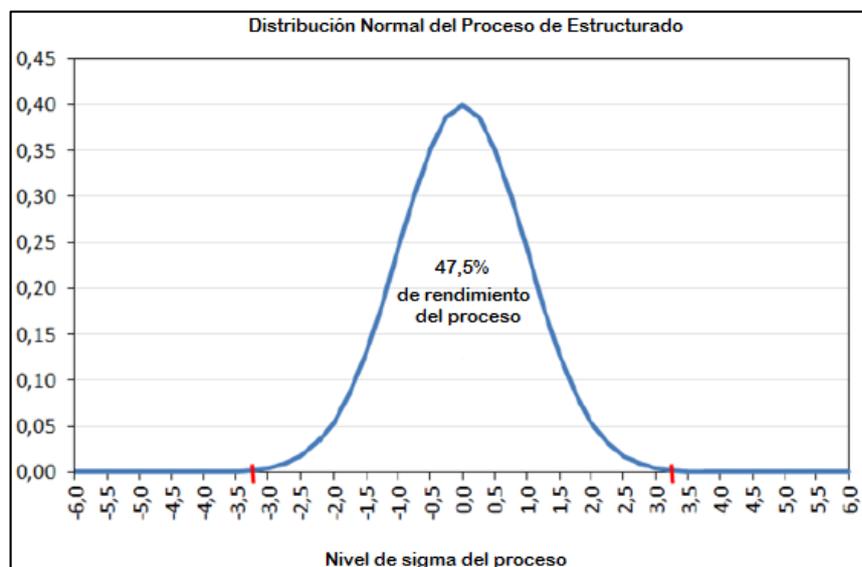
NIVEL EN SIGMA	DPMO	RENDIMIENTO
6	3.40	99.9997 %
5	233.00	99.98 %
4	6.210,00	99.3 %
3	66.807,00	93.3 %
2	308.537,00	69.15 %
1	690.000,00	30.85 %
0	933.200,00	6.68 %

Fuente: Elaboración propia  
Realizado por: El autor.

Por otro lado podemos observar que la sumatoria de los defectos encontrados en todo el proceso es igual a **2754** los mismo que aplicando la metodología SEIS SIGMA se convierten en oportunidades de mejora.

### 3.6.2 Interpretación del nivel de sigma del proceso

A continuación se representa la curva de la distribución normal del proceso para la fabricación de estructura para buses interprovinciales con un rendimiento actual de 47,5%, esto nos permite concluir que existe un 52,5 % de oportunidades de mejora para nuestro estudio.



**Figura.19-3** Distribución normal del proceso de estructuras  
Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV**

### **4 PROPUESTA DE MEJORA DE LA CALIDAD EN LOS SUB PROCESOS**

#### **4.1 Introducción**

La situación actual en la construcción de estructuras en la empresa CORPORACIÓN MEGABUSSS, refleja que existe una gran cantidad de oportunidades para mejorar sus procesos de esta manera asegurar la calidad de sus procesos.

La propuesta de mejoramiento de la calidad en los procesos de estructuración de carrocerías para buses interprovinciales consiste en la aplicación de la metodología de SEIS SIGMA, que es una herramienta de mejora continua, la cual mediante la aplicación del ciclo DMAIC define, mide, analiza, mejora y controla cada actividad que se realizan en cada proceso de esta manera garantizar la calidad de los mismos,

Para nuestro estudio la metodología SEIS SIGMA con la ayuda del software Minitab no permitirá encontrar la calidad de los procesos críticos, identificar los defectos o modos de falla, evaluarlos, para convertirlos en oportunidades de mejora, de esta manera incrementando el nivel de sigma que es el objetivo de estudio del presente trabajo.

#### **4.2 Alcance**

Este trabajo de investigación de tipo aplicada se realizó dentro de las instalaciones de la empresa CORPORACIÓN MEGABUSSS, dentro del área de manufactura de estructuras para carrocerías, donde analizaremos mediante la metodología SEIS SIGMA la calidad en los procesos.

#### **4.3 Población**

La población para el estudio serán todos los elementos que conforman la estructura de la carrocería, el mismo que se detallan en la tabla 3.4, teniendo un total de 3342 datos como población de para el estudio.

Cabe aclarar que todos los elementos fueron medidos en campo por tal razón no existe cálculo de ninguna muestra.

#### 4.4 Modalidad de investigación

La siguiente investigación es de tipo aplicada, la misma que se recopila dentro de las instalaciones de la empresa de manufactura de carrocerías CORPORACIÓN MEGABUSS, con el levantamiento de esta información podemos realizar el análisis de cada uno de los procesos en la sesión de estructuración de buses, la cual servirá como base para el desarrollo de las mejoras y cambios que debemos realizar en las instalaciones de la empresa, de tal manera de llegar a cumplir con las metas objetivos planteados dentro de este proyecto.

También se aplicará la investigación de tipo bibliográfica–documental, para realizar una correcta aplicación de las herramientas de metodología SEIS SIGMA ciclo (DMAIC) y obtener variables que nos permitan el control de la calidad en los procesos de estructuración.

En la siguiente tabla se detalla cada una de las etapas que constituyen la metodología SEIS SIGMA y el ciclo DMAIC aplicadas para este caso.

**Tabla 1-4:** Etapas de Seis Sigma

ETAPA	PASOS	HERRAMIENTAS UTILIZADAS (MODO RECOLECCIÓN DE DATOS)
Definir	Definir las oportunidades de mejora, identificar las necesidades de los clientes, los procesos asociados y el equipo de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mapeo de proceso (Técnica Lean Manufacturing)</li> <li>➤ Diagrama de procesos</li> </ul>
	Definir el alcance del proyecto e identificación de las variables críticas de entrada y de salida del proceso de soldadura en el área de estructuras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diagrama de Ishikawa</li> <li>➤ Diagrama de Pareto</li> <li>➤ CTPs Tree (Árbol de variable crítica de proceso)</li> </ul>
Medir	Conformación de las variables críticas de entrada y de salida del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diagrama de flujo del Proceso</li> <li>➤ Diagrama de Causa Efecto</li> <li>➤ Pareto Efectos</li> <li>➤ Análisis de Riesgos (FMEA)</li> </ul>
	Validación de los métodos de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ MSA (Gage R&amp;R)</li> </ul>
	Recolección de datos( desempeño inicial del proceso)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gráfica de Barras</li> <li>➤ Pareto de Defectos</li> </ul>
Analizar	Identificación de las variables críticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Programa Estadístico Minitab</li> </ul>
	Desarrollo estadístico	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diagrama de Pareto</li> <li>➤ Gráfico de efectos principales</li> </ul>
Mejorar	Mejoramiento del equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Campaña de mejora, revisión y mantenimiento del sistema.</li> </ul>
Controlar	Diseño de los controles necesarios para mantener el proceso en las condiciones óptimas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Plan de control</li> </ul>

**Fuente:** George Michael “Lean SEIS SIGMA: Combining SEIS SIGMA Quality with Lean Speed, McGraw Hill, 1ª edición, USA  
**Realizado por:** El autor

## **4.5 Recopilación de información**

El levantamiento y recolección de información se efectuó mediante observación, mediante la utilización de hojas y formatos diseñados según las necesidades encontradas en cada etapa de la investigación, esta información será procesada y analizada con el objetivo de poder identificar los problemas que se presenta en los procesos constructivos y poder realizar las recomendaciones y cambios para garantizar la calidad del producto y mejoras en el sistema.

### **4.5.1 *Procesamiento y análisis de datos***

1. Obtención información mediante los formatos y hojas diseñadas para la recolección de datos que servirán para la identificación clara y precisa del problema.
2. Revisión y análisis de la información recolectada
3. Tabulación de la información
4. Elaboración de tablas, gráficos, diagramas.
5. Interpretación de resultados.
6. Elaboración de plan de mejoras

### **4.5.2 *Método de aplicación***

1. Primeramente se elaboró un mapa y un diagrama de procesos de tal manera que podamos identificar qué punto del proceso presenta mayor oportunidad de mejora. Este mapa de procesos nos brinda información clara y precisa de las condiciones en las que el proceso está trabajando, adicionalmente ayuda a tener un conocimiento profundo del proceso de construcción de estructuras en el área de soldadura.
2. Conjuntamente con el personal técnico y asesores del proyecto en estudio se determinó en qué punto del proceso se debe aplicar la metodología de mejora y que personal es el necesario para la aplicación.
3. Se realizó una encuesta dirigida al personal que trabaja en el área de estructurado, la cual se detalla en la situación actual, la misma que nos ayuda a entender el criterio de cada uno de los operadores del área.
4. Posteriormente se realizó la aplicación de las herramientas de la metodología SEIS SIGMA, la cual está basada en el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), la misma que nos permite establecer un proceso tipo, de esta forma alcanzar el estándar buscado.

#### 4.5.3 Secuencia de avance del proyecto

**Tabla 2-4:** Gantt de actividades del proyecto

ACTIVIDADES	MESES							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ETAPA DE DEFINIR	=	=						
ETAPA DE MEDIR			=	=				
ETAPA DE ANALIZAR				=				
ETAPA DE MEJORAR					=			
ETAPA DE CONTROLAR						=		
PLAN DE CONTROL							=	
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y BENEFICIOS							=	
DISCUSION Y PROPUESTAS							=	
RECOMENDACIONES								=

Fuente: **Elaboración propia**

Realizado por: El autor

### APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA.

#### 4.6 Etapa de definir

Esta etapa se define el problema o las oportunidades de mejora que tiene el proceso de fabricación de estructuras para buses.

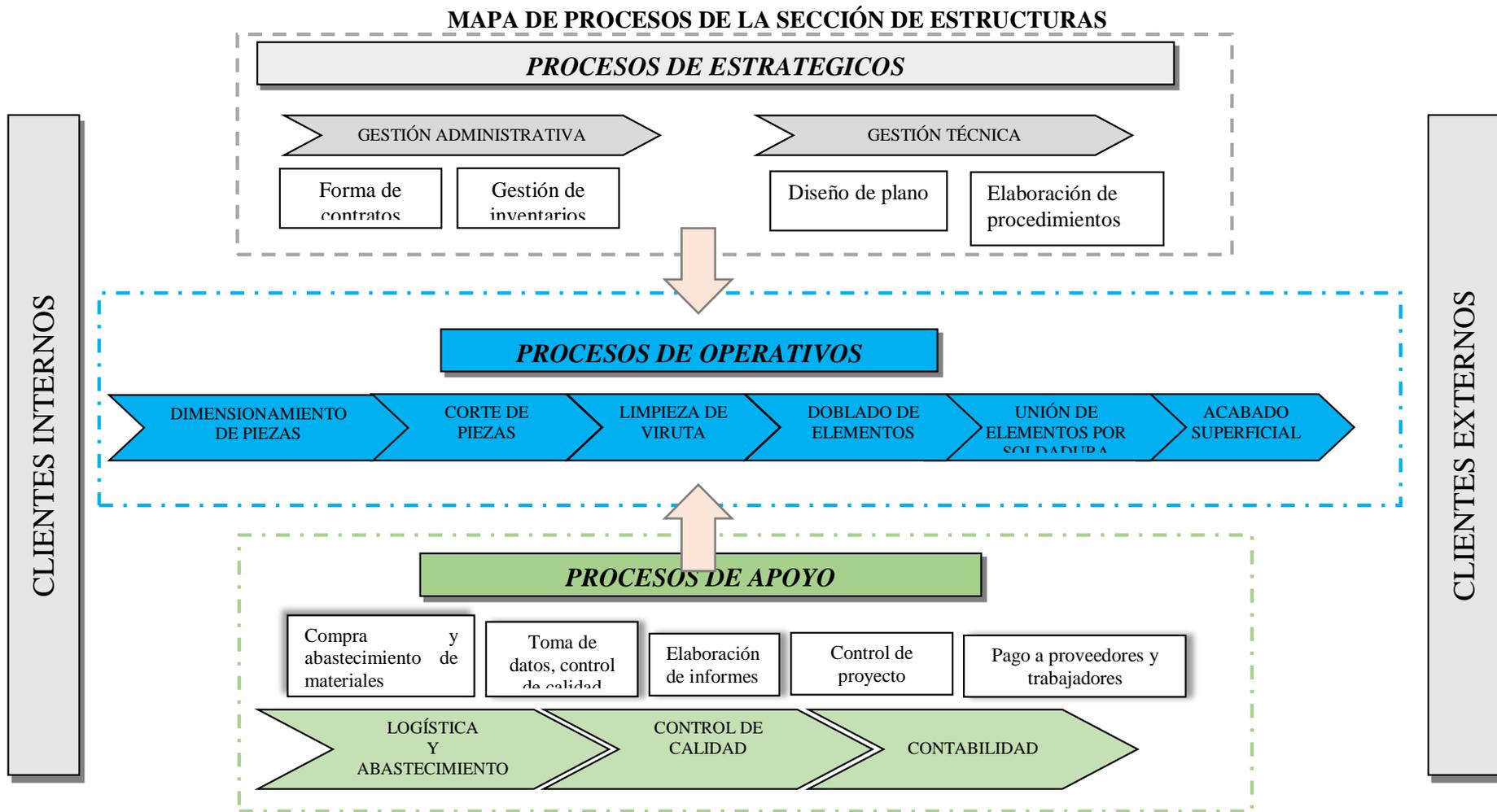
**Objetivo.-** Desarrollar el mapa de proceso de la sección de estructuras para determinar los puntos de mejora.

#### **Metodología.**

1. A través de la colaboración del personal de manufactura y calidad se elabora un bosquejo del mapa de procesos.
2. Posteriormente se realiza el mapa de procesos, con información específica de cada área.
3. Con la información obtenida del mapa de procesos se elabora el diagrama causa-efecto para determinar las oportunidades de mejora que se presentan en cada proceso.
4. A continuación se elabora el diagrama de Pareto

##### **4.6.1 Mapa de proceso de la sección de estructuras.**

Para definir el problema a ser tratado se realiza el mapa de procesos de la sección de estructuras para buses, esta herramienta nos permite planear e identificar los elementos de entrada y salida para mejorar su diseño y operación de esta forma ver claramente todas aquellas actividades que se desarrollan en la empresa con el fin de mejorarlas, eliminarlas o cambiarlas lo cual se traduce en un beneficio tangible para la empresa.



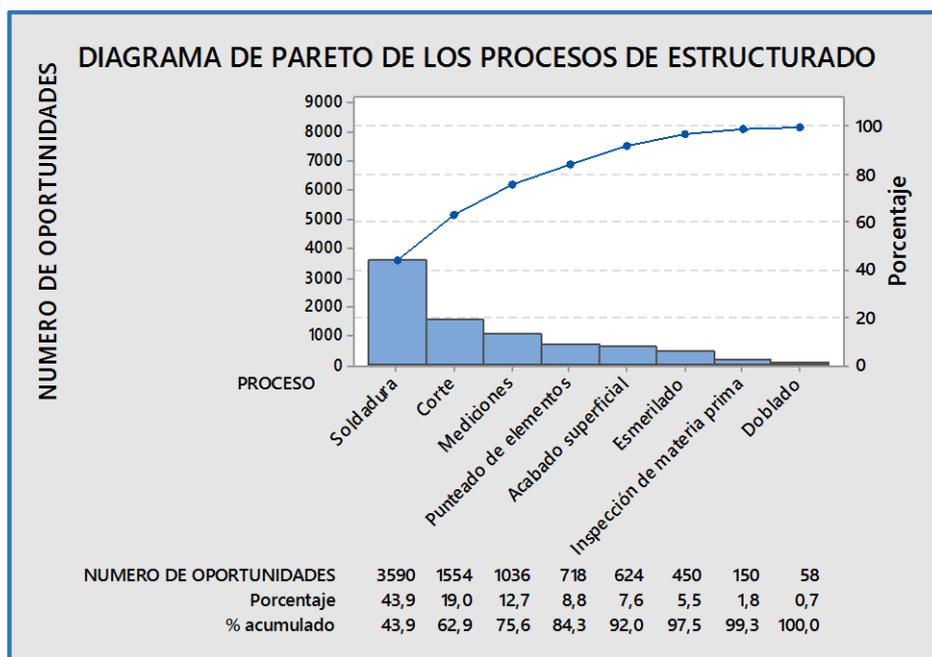
**Figura 1-4:** Mapa de procesos CORPORACIÓN MEGABUSS

Elaborado por: El autor.

#### 4.6.2 Identificación de los procesos crítico

Con la información obtenida en la **tabla 5.3** se realiza un diagrama de Pareto para identificar de forma gráfica los procesos críticos, los mismo que presentan mayor número de fallas o defectos, mismo que vistos desde una perspectiva Seis Sigma las convierte en oportunidades de mejora.

El diagrama de Pareto la realizamos con la ayuda del software Minitab, que es un programa estadístico utilizado en proyectos SEIS SIGMA para identificar los índices de capacidad, de desempeño y los niveles de SEIS SIGMA según la necesidad del caso.



**Figura 2-4:** Diagrama de Pareto de los procesos de la sección de estructuras  
**Fuente:** Elaboración propia

Mediante la figura 4-2, diagrama de Pareto podemos observar los procesos con mayores modos de fallas de sección de estructuras, donde claramente podemos observar que las operaciones de corte y soldadura son las actividades que mayores defectos presentan en su ejecución, estos procesos serán la base de nuestro estudio ya que al solucionarlos o controlarlos incrementaremos el nivel de calidad de la sección que es el objetivo principal de la aplicación de la metodología SEIS SIGMA a los procesos estudiados.

### 4.6.3 Identificación de las causas de modos de falla

Una vez identificados los procesos con mayor número de defectos o modos de falla ( corte y soldadura) buscamos una herramienta que nos ayude a determinar las causas raíz de los mismo, para poder analizar donde ocurren, cuándo y por qué, de esta manera poder realizar las correcciones con el fin de poder controlarlos, eliminarlos. Para ello existe el diagrama de Ishikawa o espina de pescado, herramienta grafica que utiliza cinco Ms (mano de obra, maquinaria, métodos, medidas, materiales y medio ambiente), para determinar las causas y efectos de problemas detectados.

### 4.6.4 Diagrama causa – efecto

Un diagrama de causa y efecto (diagrama C&E) es una herramienta de lluvia de ideas que le permite investigar las diversas causas que influyen en un efecto específico. Utilice un diagrama C&E con su equipo para dar prioridad a las áreas que presentan problemas y desarrollar ideas para mejorarlas.

#### 4.6.4.1 Diagrama del proceso de soldadura

A continuación en se procede a realizar el diagrama causa efecto o espina de pescado del proceso de soldadura en el mismo se describen las causas como los efectos que se generan en las actividades de soldadura, es necesario aclarar que como efecto tenemos uniones defectuosas pero dentro de esta existe varios defectos tales como: (socavaduras, mordeduras, sobre montas, chispazos, agrietamiento discontinuidades en los cordones) mismas que determinan la calidad de una soldadura

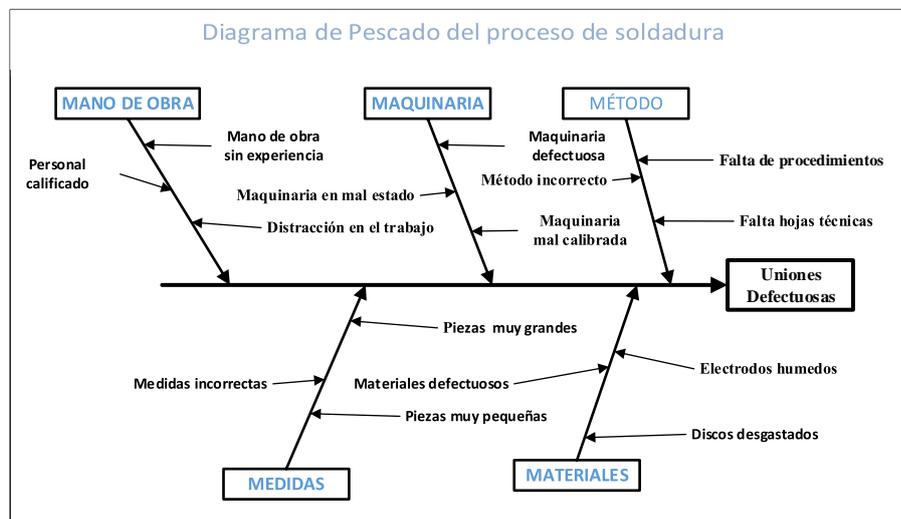
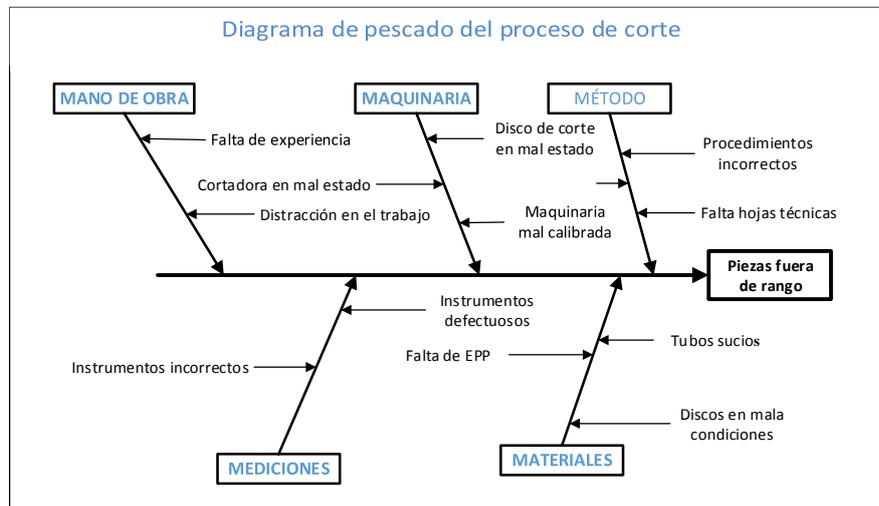


Figura 3-4: Diagrama de Ishikawa de las causas-efectos del proceso de soldadura

#### 4.6.4.2 Diagrama del proceso de corte

Se procede a desarrollar el diagrama de pescado el mismo que nos permite identificar los defectos o modos de falla que se presentan en cada actividad del proceso de corte de elementos que conforman la estructura para de esta forma definir los problemas principales a resolver en nuestro estudio.



**Figura 4-4:** Diagrama de Ishikawa de las causas-efectos del proceso de corte  
Elaborado por: Patricio Tierra

Una vez que se ha realizado el mapa de procesos de la sección de manufactura de estructuras para carrocerías, obtenemos que seis subprocesos principales que constituyen conformación de la estructura (medir cortar, esmerilar, puntear soldar y acabado), con la ayuda del diagrama de Pareto identificamos que los sub procesos de corte y soldadura presentan mayores oportunidades de mejora, y con la ayuda del diagrama de Ishikawa se determinó las causas potenciales.

Con esta información y con los sub procesos críticos ya establecidos podemos definir el problema a tratar en nuestro estudio.

**Definición del problema:** *Mejoramiento de la calidad en los sub procesos de corte y soldadura del proceso de fabricación de estructura para carrocerías.*

#### 4.7 Etapa medir

Esta fase se enfoca a seleccionar una o más características para ser medidas, definiendo cómo serán medidas, estableciendo un plan de recolección de datos y la recolección de datos. Esta fase es importante porque asegura que los datos que se relacionan con los requerimientos del cliente y el desempeño actual del proceso sean precisos, claros y confiables.

**Objetivo:** Determinar las causas potenciales que tiene mayor impacto en el efecto mediante la matriz causa efecto, diagrama de Pareto y matriz AMEF.

Fijar prioridades que deben probarse con datos reales mediante la cuantificación de las causas potenciales.

##### **Metodología.**

1. Reunir al equipo de trabajo.
2. Explicar los conceptos, las características, la importancia y los beneficios de la construcción de la matriz causa efecto.
3. Colocar en la parte superior cada uno de los requisitos de los clientes (salidas críticas).
4. Determinar el efecto de cada causa en los requisitos del cliente mediante la valoración con una escala de 0 a 10, considerando a 0 con nula posibilidad de ocurrencia o impacto y a 10 como una causa potencial con una alta probabilidad de suceso o alto impacto, todo esto basado en la experiencia que tienen los trabajadores siempre apegados a la realidad.
5. Realizar el cálculo del valor de la “causa potencial “multiplicando el valor asignado a cada requisito y a cada causa, y establecer la suma total para poder traducir a la gráfica de Pareto.

##### **4.7.1 Matriz causa – efecto**

Estas matrices 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. De esta forma, en la intersección de una fila de la primera columna (acciones) con una de las otras columnas (factores), se puede indicar, según el caso, algunas de las siguientes características cualitativas de un impacto sobre el proceso.

A continuación en la **tabla 4.3** se presenta la matriz causa – efecto desarrollada para medir de manera cuantitativas las causas raíces de los problemas detectados en esta fase.

**Tabla 3-4:** Matriz de causa-efecto

MATRIZ DE CAUSA - EFECTO								
Rango o importancia		1-10					TOTAL	
PROCESOS	SALIDAS O CTQ'S	Medidas incorrectas	Piezas descuadradas	Exceso de viruta	Superficies Irregulares			
Corte	Falta de entrenamiento Instrucción	7	8	6	6		243	
	Habilidad para la operación	5	3	5	2		75	
	Material irregular	2	3	5	3		74	
	Falta de EPP	3	2	3	2		94	
	Distracción en el trabajo	4	3	6	2		65	
	Unidades sucias	2	3	3	3		70	
	Altas Temperaturas	2	3	2	3		65	
	Falta de procedimientos	7	7	7	2		70	
	Disco de corte en mal estado	5	4	3	4		243	
	Equipos en mal estado	7	7	6	5		290	
	Falta de orden y limpieza	5	3	3	2		74	
	Equipos sin guardas	2	4	1	2		60	
Rangos o importancia		1-10					TOTAL	
PROCESOS	SALIDAS O CTQ'S	Sobre monta	Chispazos	Mordeduras	porosidades	Salpicaduras	Pobre material	
Soldadura	Falta de entrenamiento	8	8	9	6	3	4	270
	Habilidad para la operación	5	3	5	4	2	1	75
	Instrumentos inadecuados	5	3	2	3	1	3	70
	Experiencia y capacidad	7	4	3	2	2	1	265
	Falta de EPP	5	4	4	3	5	2	240
	Falta de instrumentos	6	5	5	4	3	1	65
	Falta de procedimientos	4	7	5	3	1	4	250
	Altas Temperaturas	5	7	5	3	2	3	94
	Intensidad de corriente no adecuada	3	2	1	2	3	2	75
	Amperaje mal calibrado	2	4	1	3	4	5	55
	Falta de información en hoja de instrucción	3	3	2	1	3	2	75
	Falta de orden y limpieza	5	7	3	2	3	2	80
	Maquinaria en mal estado	7	3	6	4	4	3	290
Electrodos en malas condiciones	4	5	3	4	5	4	235	

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: El autor.

#### 4.7.2 Interpretación de la matriz causa-efecto

**Proceso de corte:** Como podemos observar en la matriz causa – efecto **tabla 3.4** la falta de entrenamiento o capacitación y el equipo en mal estado son las causas principales para obtener

elementos defectuosos, siendo estos defectos piezas cortadas muy grandes o piezas muy pequeñas como también piezas descuadradas estos elementos cuantifican 243 y 290 respectivamente siendo los valores más altos de la tabla.

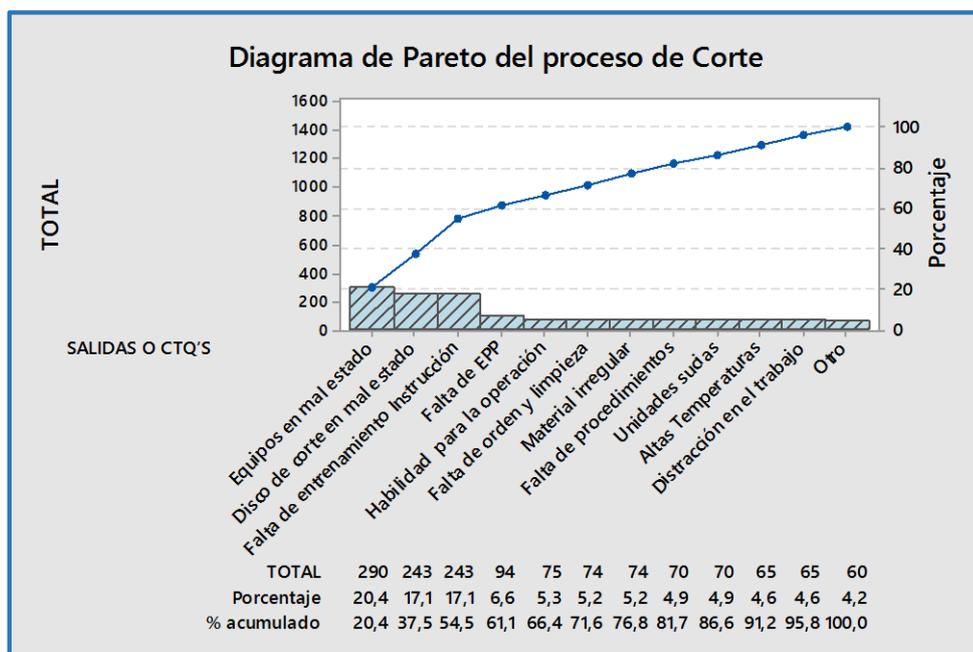
**Proceso de soldadura:** En la **tabla 4.3** matriz causa – efecto podemos identificar que las causas que influyen en la calidad de la soldadura están directamente relacionados con el personal (falta de entrenamiento, experiencia, altas temperaturas, falta de procedimientos) y el equipo defectuoso (equipo en mal estado, electrodos caducados, cables defectuosos) cuantificando estos los valores de 270, 290 y 235 respectivamente siendo estos valores los más altos de la matriz.

#### 4.7.3 Diagrama de Pareto

Para determinar que causas potenciales tiene un mayor impacto en el efecto medido realizamos el diagrama de Pareto, el mismo que nos ayuda fijar prioridades de lo que se debe comprobar con datos reales establecidos en la matriz causa efecto.

La elaboración del diagrama de Pareto lo realizaremos independiente por cada proceso ya que por repetirse varias actividades no se pueden establecer con claridad los valores, por tal razón es necesario separarlos para luego definir la relación de las causas de los defectos encontrados.

#### 4.7.4 Diagrama de Pareto del sub proceso de corte

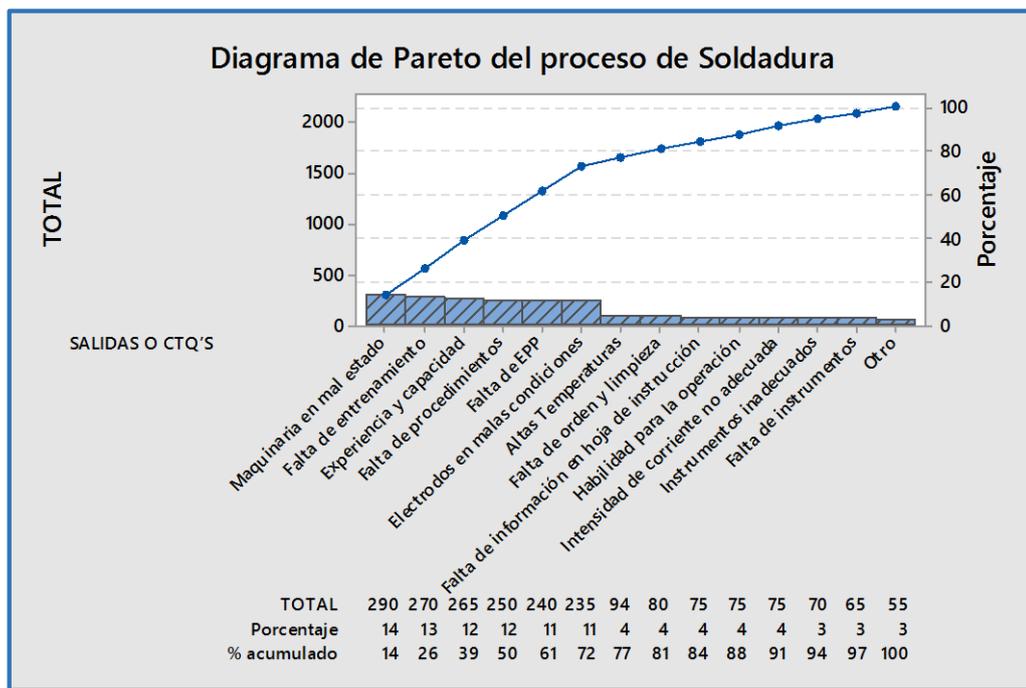


**Figura 5-4:** Pareto de defectos proceso de corte de elementos para estructura de buses  
Fuente: Elaboración propia

4.7.4.1 Interpretación de la gráfica de la matriz causa-efecto.

El Pareto fue desarrollado con la información obtenida en la matriz causa-efecto, como podemos observar el equipo en mal estado y el entrenamiento son los defectos con mayor incidencia en la calidad de nuestro proceso y estos serán los atacados para elevar la calidad en el mismo.

4.7.5 Diagrama de Pareto del sub proceso de soldadura de elementos para estructura para carrocerías.



**Figura 6-4:** Pareto de defectos proceso de corte de elementos para estructura de buses  
Fuente: elaboración propia

4.7.5.1 Interpretación de la grafica

El diagrama de Pareto o de defectos nos muestra la existencia de varios causas que requieren ser atacados para elevar la calidad de nuestro sub proceso. El diagrama de Pareto también nos ayuda a identificar el 20% de causas que debemos atacar para resolver el 80% de oportunidades. Interpretando las gráficas y a la experiencia del personal se decidió iniciar con la maquinaria en mal estado y la falta de entrenamiento o capacitación de los soldadores y para posterior mente se trabajará con la calibración de los equipos y finalmente con los parámetros demás parámetros.

#### 4.7.6 Matriz AMEF

Para garantizar que las variables críticas están siendo bien identificadas se procede a realizar la matriz AMEF del proceso de conformación de estructura para carrocerías de buses interprovinciales de esta manera confirmar los modos potenciales de falla o defectos que ocurren durante cada actividad del sub proceso y evaluar los efectos y prevenir las fallas antes que ocurran.

**Objetivo.-** Validar las variables críticas de calidad obtenidas en la matriz causa-efecto.

#### Metodología.

1. Reunir al equipo de trabajo.
2. Explicar los conceptos, las características, la importancia y los beneficios de la construcción del AMEF.
3. Basándonos en experiencia de los trabajadores se realiza la matriz AMEF del proceso de fabricación de estructuras para carrocerías de bus interprovincial.
4. Utilizando escalas cuantitativas citadas en el anexo 4, a más de la experiencia se evalúan cada uno de los procesos con una escala del 1 al 10: severidad, ocurrencia y detección.
5. Calcular el valor del RPN (Risk Priority Number) o número de prioridad de riesgo multiplicando los valores obtenidos de la severidad, ocurrencia y la detección.

$$\mathbf{NPR} = \mathbf{SEV} \times \mathbf{OCU} \times \mathbf{DET}$$

6. Determinar las acciones que se deben realizar en base a los resultados del RPN y a la siguiente tabla.

**Tabla 4-4:** Resultados de RPN

<i>ESCALA</i>	<i>ACCIÓN</i>
<i>De 1 a 89</i>	<i>Ninguna acción requerida</i>
<i>De 90 a 120</i>	<i>Acción requerida</i>
<i>Por encima de 120 hasta 1000</i>	<i>Implementación de acción inmediata</i>

**Fuente:** Elaboración propia  
**Realizado por:** El autor.

**Tabla 5-4: Matriz AMEF**

ANÁLISIS DE MODO FALLA Y EFECTOS EN EL PROCESO															
N° de código: AMEF 01															
PRODUCTO: Fabricación de estructuras para carrocerías de buses interprovinciales															
ELABORADO POR: Patricio Tierra															
Paso del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de falla potenciales	S E V	Causas potenciales	O C U	Controles actuales de prevención /detención	D E T	N P R	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones adoptadas	R E V	O C U	D E T	N P R
Cortar	Piezas irregulares	Piezas de mayor o menor longitud que la normal	8	Falta adiestramiento	2	Visual y no registrada	6	96							
	Cortes descuadrados	Complejidad en la unión	9	Maquinaria y equipos en malas condiciones	2	Visual y no registrada	6	108							
	Exceso de viruta	Pérdida de tiempo en correcciones	8	Falta de habilidad	1	Visual y no registrada	3	24							
	Forma incorrecta	Piezas deformes que dificultan el correcto armado	7	Mediadas mal tomadas, distracción o prisa	2	Visual y no registrada	2	28							
Soldar	Elementos descuadrados	Elementos desalineadas	8	Falta de entrenamiento o distracción	3	Visual y no registrada	5	120							
	Salpicadura excesiva	Presencia de residuos en la superficie	8	Equipo mal calibrado	1	Visual y no registrada	2	16							
	Porosidad	Presencia de agujeros en la unión	9	Maquinaria y equipos en malas condiciones	4	Visual y no registrada	8	288							
	Escaso material depositado	Superficie irregular													
	Fisuras o grietas	Pérdida de tiempo en reprocesos													
	Mordeduras	Defectos en la superficie													
	Sobre montas	Superficies con exceso de soldadura	7	Falta de habilidad, material defectuoso	2	Visual y no registrada	2	28							
Chispazos	Superficies desgastadas	8	Falta de capacitación	2	Visual y no registrada	2	28								

Fuente: Elaboración propia  
 Realizado por: El autor.

#### *4.7.6.1 Interpretación de la matriz*

La matriz AMEF nos indica claramente que los modos de falla que se presentan en los procesos de corte y soldadura se dan por dos causas principales: por operador ya sean esta por habilidad, falta de capacitación o adiestramiento a la actividad y por las maquinas o equipo defectuoso o mal calibrado. En base a la tabla anterior podemos identificar las actividades potencialmente riesgosas y trabajar para mitigar el riesgo para de esta forma evitar que el proyecto fracase por no haber considerado las fallas reales.

Para nuestro estudio se analizara el equipo defectuoso por falta de un programa de mantenimiento y capacitación del personal. A demás vemos que las demás actividades no necesitan acciones inmediatas ya que se encuentran en la escala de riesgo bajo menor a 90.

Las tres herramientas anteriores (matriz causa, diagrama de Pareto y matriz AMEF) muestran que los defectos encontrados en los Sub procesos de corte y soldadura se originan por varias causas principales (falta de entrenamiento, falta de procedimientos, falta de experiencia, falta de capacitación como también maquinaria defectuosa, materiales en mal estado) estas causas las agruparemos en dos en principales en la falta de manteniendo de los equipos y materiales y personal calificado.

#### ***4.7.7 Toma y procesamiento de datos de los sub procesos de corte y soldadura***

Una vez identificado los sub procesos críticos (corte y soldadura) y las causas que provocan los defectos o modos de falla procedemos a realizar la toma de datos de estas dos actividades teniendo en cuenta que el sub proceso de corte se registra en valores cuantitativos y el proceso de soldadura se registra por atributos, ver anexo C (tabla de datos), estos datos serán analizados para determinar el nivel de sigma de cada sub proceso y poder compararlo antes y después de aplicar la metodología SEIS SIGMA.

#### ***4.7.8 Análisis del sistema de medición (MSA)***

El los datos deben ser correctamente medidos sin un alto grado desviación, si las variables tienen un alto grado de error se debe corregir el método de medición del sistema con capacitación al personal, verificación de los instrumento etc. Para el análisis de nuestros datos obtenidos

utilizaremos el R&R (repetibilidad y reproducibilidad) herramienta de control de procesos óptima para nuestro estudio.

#### *4.7.8.1 Herramienta de control de procesos: repetibilidad y reproducibilidad (R&R)*

Los estudios de repetitividad y reproducibilidad (R&R) tratan de analizar la variación entre el método de medición y las distintas personas que pueden realizar estas mediciones. Es decir, se va a tratar de reducir la variabilidad de la medición de un proceso mediante el estudio de los posibles motivos de variabilidad en la misma.

Para ello tenemos que distinguir que es la repetitividad y reproducibilidad:

**La repetibilidad.-** Es la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones a lo largo de periodos dilatados de tiempo.

**La reproducibilidad.-** es la capacidad de un sistema de medición, utilizado por varios operadores, para reproducir de manera uniforme la misma medición de la misma pieza, bajo las mismas condiciones. Para poder determinar la reproducibilidad es necesario que las mediciones se realicen en condiciones controladas con la finalidad de no incorporar otras variables que influyan en la lectura. Estas condiciones son: principio de medición, método de medición, analista, instrumento de medición, patrón de referencia, lugar, condiciones de uso y tiempo.

#### *4.7.9 Recopilación de datos*

El proceso empieza con la recopilación de datos, aunque la cantidad de ensayos, analistas y réplicas de medición pueden variar, se considera una cantidad óptima, para realizar un buen análisis estadístico: 10 partes, 2 o 3 analistas y 2 o 3 réplicas. Las lecturas se obtienen eligiendo en forma aleatoria la secuencia de partes de cada intento.

#### *4.7.10 Estudio R&R del proceso de corte*

**Objetivo.-** verificar que sistema en la medición es óptimo, que los datos tomados sean los correctos y presente Repetibilidad en cada caso.

*Metodología.*

1. Preparar muestras para realizar el estudio y garantizar que se está realizando una medición correcta de los elementos estudiados.
2. Realizar el estudio R&R, mediante software Minitab 17 realizamos el estudio

3. Analizamos los resultado obtenidos del estudio, si el estudio R&R tienen un margen de error mínimo aceptamos, sino debemos corregir las mediciones o instrumentos y repetimos el procedimiento.

En la tabla 6-4 se detalla el los porcentajes que debe tener un proceso para ser considerado excelente, aceptable, marginalmente aceptable

**Tabla 6-4:** Constantes establecidas

<b>Criterios de aceptación</b>	
<i>Abajo del 10%</i>	Excelente proceso
<i>De 10 al 20%</i>	Bueno aceptable
<i>De 20 al 30%</i>	Marginalmente aceptable
<i>Arriba del 30%</i>	Proceso invalido.

**Fuente:** Elaboración propia

**Realizado por:** El autor.

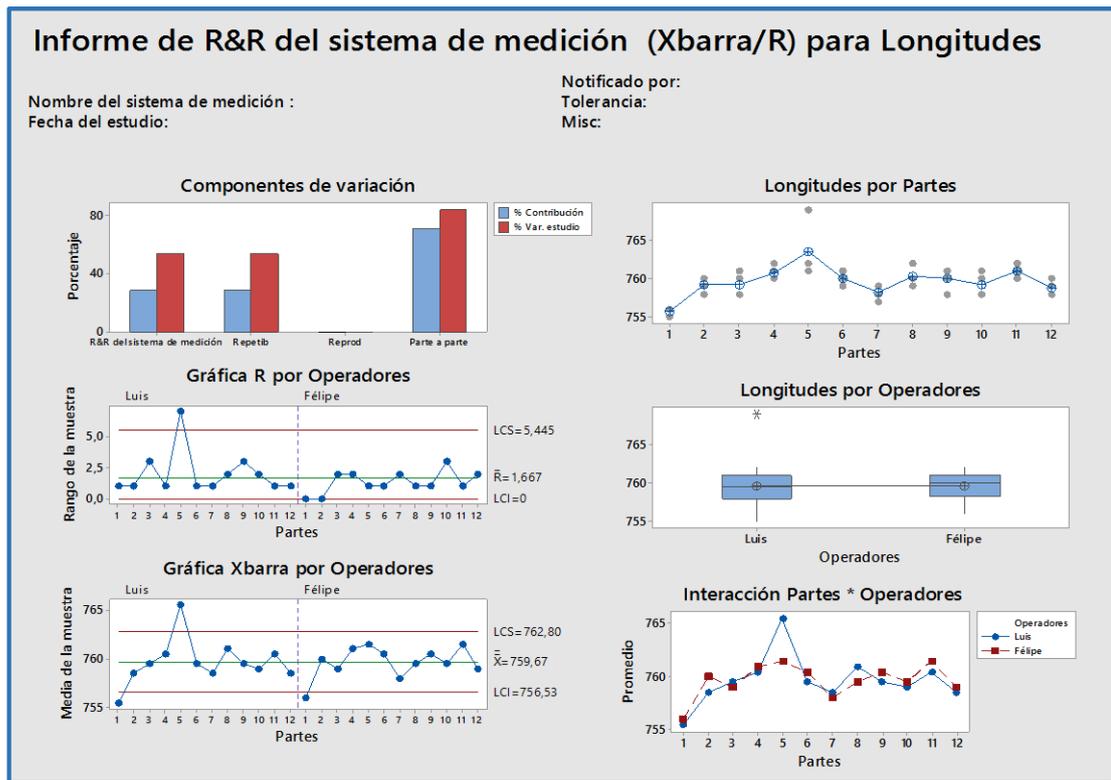
Para el estudio de repetitividad y reproducibilidad para la variable  $Y_1 =$  corte se tomaran 12 elementos al azar de la carrocería (TC 50x 2.5); luego se solicita que dos operadores que realicen el trabajo de medir y cortar para identificar si los criterios de los dos operadores para la actividad son los mismo, de esta manera comprobar que el proceso de medición y corte tenga una metodología adecuada.

**Tabla 7-4:** Estudios R&R del sub proceso de corte =  $Y_1$

<b>Estudios R&amp;R para la variable <math>Y_1</math> (dimensionamiento y corte de elementos que conforman la estructura). Todas la medidas serán respetas con una tolerancia de <math>\pm 5</math>mm</b>						
Número de elemento	<b>OPERADOR 1</b>			<b>OPERADOR 2</b>		
	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango
1	755	756	1	756	756	2
2	758	759	2	760	760	1
3	758	761	3	758	760	2
4	761	760	1	762	760	1
5	762	759	3	761	762	1
6	760	759	1	761	760	2
7	759	758	3	759	757	2
8	760	762	2	759	760	1
9	758	761	3	760	761	1
10	760	758	2	761	758	0
11	761	760	4	761	763	2
12	758	759	1	758	760	2

**Fuente:** Elaboración propia

**Realizado por:** El autor.



**Figura 7-4:** Informe del sistema de medición para longitudes de los elementos  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.10.1 Interpretación de la figura R&R del proceso de corte

El análisis del sistema de medición del proceso de corte demuestra que las mediciones de los dos operadores son similares, lo que quiere decir que los criterios para levantar la información son las mismas, en la figura 7-4 podemos observar que la dispersión entre los operadores es caso nula cubriendo el 95 % requerido para asegurar que se realiza la actividad de medición de una manera consistente y real, además los resultados de los índices de las tolerancias es 3.9 la misma que se encuentran en un intervalo debajo del 10 % el cual indica que el sistema de medición es un excelente en el proceso.

#### 4.7.11 Estudio R&R del proceso de soldadura

Para el estudio de repetibilidad y reproducibilidad para la variable  $Y_2$  (unión de elementos por soldadura) se tomaran 10 elementos soldados al azar de la carrocería, el supervisor de calidad realiza la inspección y sabe que los elementos tienen algunas fallas, solicita a dos supervisores de calidad que inspeccionen y llenen la matriz de defectos por atributos, (ver anexo C) de esta manera

determinar si los criterios de aceptación de inspección visual son los mismos, obteniendo un sistema de medición aceptable.

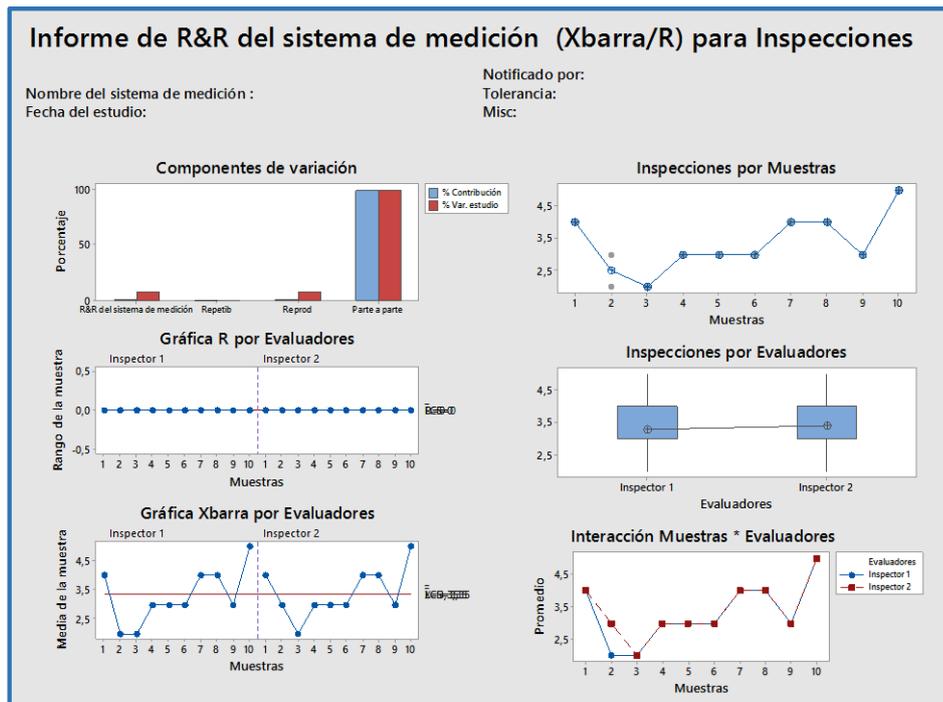
La inspección visual de soldadura se basará en los siguientes parámetros los mismos que determinan si una unión es aceptable o no por inspección visual siempre que se cumplan los siguientes criterios dados en la norma AWS D1. 3 que son: fisuras, mordeduras, sobre montas, porosidades y chispazos, características básicas que no debe presentar una junta o unión para ser aceptado como una unión válida.

**Tabla 8-4:** Estudios R&R del sub proceso de soldadura = Y<sub>2</sub>

Estudios R&R por atributos para la variable Y <sub>2</sub> (unión de elementos por medio de soldadura eléctrica)														
INSPECTOR 1							OPERADOR 2							
PARAMETROS DE ACEPTACIÓN SEGÚN AWS D1. 3														
Numero de elemento	FISURAS	MORDERURAS	SOBRE MONTA	POROSIDADES	CHISPAZOS	ENSAYO 1	ENSAYO 2	FISURAS	MORDERURAS	SOBRE MONTA	POROSIDADES	CHISPAZOS	ENSAYO 1	ENSAYO 2
1	/	/	/		/	4	4	/	/	/		/	4	4
2			/		/	2	2			/		/	2	2
3		/			/	2	2		/			/	2	2
4	/		/		/	3	3	/		/		/	3	3
5	/	/			/	3	3	/	/			/	3	3
6		/		/	/	3	3		/		/	/	3	3
7	/		/	/	/	4	4	/		/	/	/	4	4
8	/	/		/	/	4	4	/	/		/	/	4	4
9	/		/		/	3	3	/		/		/	3	3
10	/		//	/	/	5	5	/		//	/	/	5	5
<b>Total</b>						<b>Σ=32</b>	<b>Σ=32</b>						<b>Σ=32</b>	<b>Σ=32</b>

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: El autor.



**Figura 8-4:** Informe del sistema de medición para inspección visual  
Elaborado por: Patricio Tierra

#### 4.7.11.1 Análisis y resultados

Mediante el análisis del sistema de medición (MSA) demuestra que las mediciones de los dos operadores son similares, lo que quiere decir que los criterios para calificar una unión están dentro de los parámetros que estipula la norma AWS d1.3, de la misma manera podemos observar que la dispersión en la gráfica 8-4 nos indica que ambas líneas coinciden de esta manera establecemos que el sistema de medición es válido cubriendo más del 95 % requerido para asegurar que se realiza la actividad de medición de una manera consistente y real.

### 4.8 Etapa análisis

En esta fase se efectúa el análisis de los datos obtenidos en la etapa de medición, con el propósito de conocer las relaciones causales o causas raíz del problema. La información de este análisis nos proporcionará evidencias de las fuentes de variación y desempeño insatisfactorio, el cual es de gran utilidad para la mejora del proceso.

#### Objetivo.

Determinar la capacidad actual del proceso de corte y soldadura de la sección de estructuras.

## Metodología.

1. Determinar los datos de estudio de los sub procesos de corte y soldadura
2. Calcular la capacidad del proceso mediante la aplicación de software Minitab 17
3. Identificar las fuentes de variación de los parámetros de medición.
4. Interpretación de las gráficas obtenidas

El sistema de medición está orientado a determinar de la variación de los CTQ's: los niveles de calidad, y la satisfacción de los clientes, para nuestro caso particular del nivel de calidad expresando en SEIS SIGMA será el principal parámetro de interés para nuestro estudio de investigación ya que en la situación actual se determinó un nivel de calidad el mismo que se pretende mejorar.

### 4.8.1 Determinación de capacidad del sub proceso de corte mediante el nivel de sigma.

**Tabla 9–4:** Tabla de valores del sub proceso de corte

Variable Y <sub>1</sub> (dimensionamiento y corte de elementos que conforman la estructura). Todas la medidas serán respetas con una tolerancia de $\pm 5\text{mm}$							
Valores tomado en campo luego del plan de mejoras (Ln= 755)							
Número de elementos	Cantidad inspeccionadas	Número de elementos	Cantidad inspeccionadas	Número de elementos	Cantidad inspeccionadas	Número de elementos	Cantidad inspeccionadas
1	755	26	756	51	756	76	756
2	758	27	759	52	760	77	760
3	758	28	761	53	760	78	760
4	760	29	760	54	760	79	760
5	759	30	759	55	762	80	762
6	760	31	759	56	760	81	760
7	759	32	758	57	757	82	757
8	760	33	762	58	760	83	760
9	758	34	761	59	761	84	761
10	760	35	758	60	758	85	758
11	759	36	760	61	763	86	763
12	758	37	759	62	760	87	760
13	755	38	761	63	761	88	760
14	755	39	758	64	758	89	758
15	758	40	755	65	755	90	755
16	758	41	755	66	755	91	755
17	760	42	758	67	758	92	758
18	759	43	758	68	758	93	758
19	760	44	760	69	760	94	760
20	759	45	759	70	759	95	759

21	758	46	758	71	758	96	758
22	760	47	760	72	760	97	760
23	759	48	759	73	759	98	759
24	760	49	760	74	760	99	760
25	759	50	759	75	759	100	759

Fuente: Elaboración propia  
Realizado por: El autor.

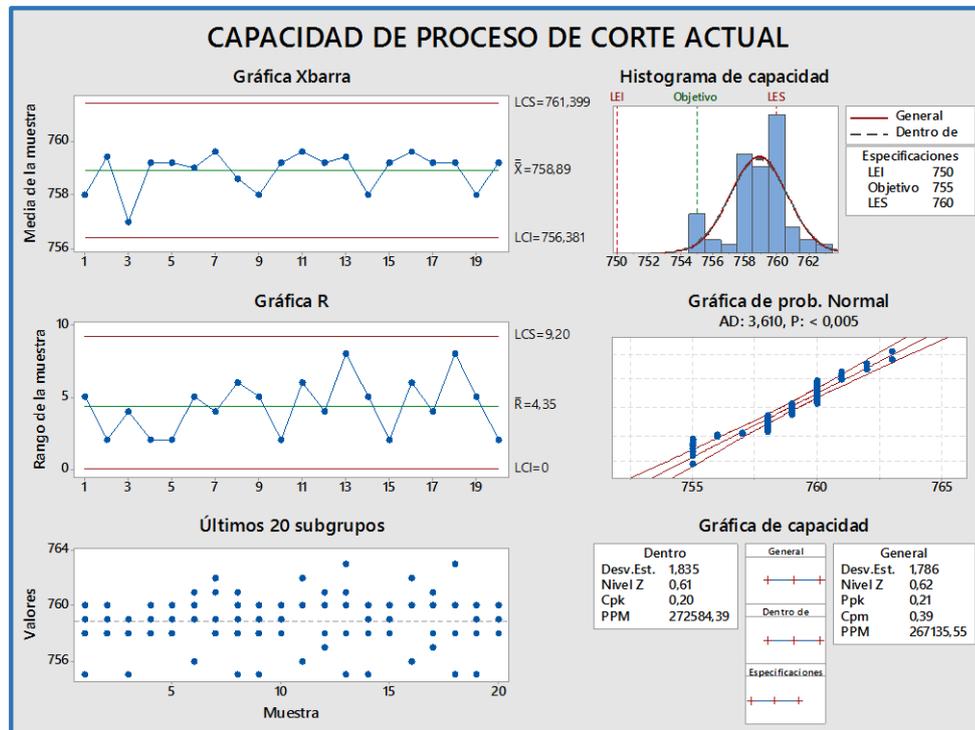


Figura 9-4: Informe de la capacidad de proceso de corte actual mediante SIGMA  
Elaborado por: Patricio Tierra

#### 4.8.1.1 Interpretación de la gráfica de capacidad del sub proceso de corte

En la gráfica de capacidad del proceso de Corte, encontramos seis gráficos de control los mismo que nos indican si nuestro proceso o sub proceso están dentro de tienen un comportamiento normal o si presentan alguna variación extrema, gráfica Xbarra, nos muestra que todos nuestros datos están dentro de los límites establecidos, la gráfica R nos muestra que el rango de la muestra tiene un comportamiento normal como podemos verificar todos los elementos medidos están dentro de los limites permisible.

#### 4.8.2 Determinación de capacidad del sub proceso de soldadura mediante el nivel de sigma.

Los diagramas de control por atributos constituyen la herramienta esencial utilizada para controlar características de calidad cualitativas, esto es, características no cuantificables numéricamente.

**Tabla 10-4:** Tabla de datos del sub proceso de soldadura =  $Y_2$

N° de muestra	Cantidad inspeccionadas n	N° disconformidades np	Proporción de no conformidades p	N° de muestra	Cantidad inspeccionadas n	N° disconformidades np	Proporción de no conformidades p
1	50	4	0,08	26	50	3	0,06
2	50	2	0,04	27	50	1	0,02
3	50	2	0,04	28	50	4	0,08
4	50	3	0,06	29	50	1	0,02
5	50	3	0,06	30	50	2	0,04
6	50	3	0,06	31	50	3	0,06
7	50	0	0	32	50	0	0
8	50	4	0,08	33	50	2	0,04
9	50	3	0,06	34	50	4	0,08
10	50	5	0,1	35	50	1	0,02
11	50	3	0,06	36	50	0	0
12	50	4	0,08	37	50	2	0,04
13	50	2	0,04	38	50	3	0,06
14	50	3	0,06	39	50	4	0,08
15	50	4	0,08	40	50	3	0,06
16	50	1	0,02	41	50	2	0,04
17	50	3	0,06	42	50	4	0,08
18	50	2	0,04	43	50	1	0,02
19	50	3	0,06	44	50	2	0,04
20	50	4	0,08	45	50	3	0,06
21	50	1	0,02	46	50	2	0,04
22	50	2	0,04	47	50	0	0
23	50	1	0,02	48	50	2	0,04
24	50	4	0,08	49	50	3	0,06
25	50	0	0	50	50	4	0,08
				total	2500	122	

**Fuente:** Elaboración propia  
**Realizado por:** El autor.

4.8.2.1 *Calculo de los límites inferior y superior del proceso de soldadura.*

Cálculos de los límites inferior superior

$$\rho = \frac{\sum np}{\sum n} \qquad \rho = \frac{122}{2500} = 0,0488$$

$$UCL = 0,0488 + 3 \frac{\sqrt{0,0488 * (1 - 0,0488)}}{50} \qquad LCL = 0,0488 - 3 \frac{\sqrt{0,0488 * (1 - 0,0488)}}{50}$$

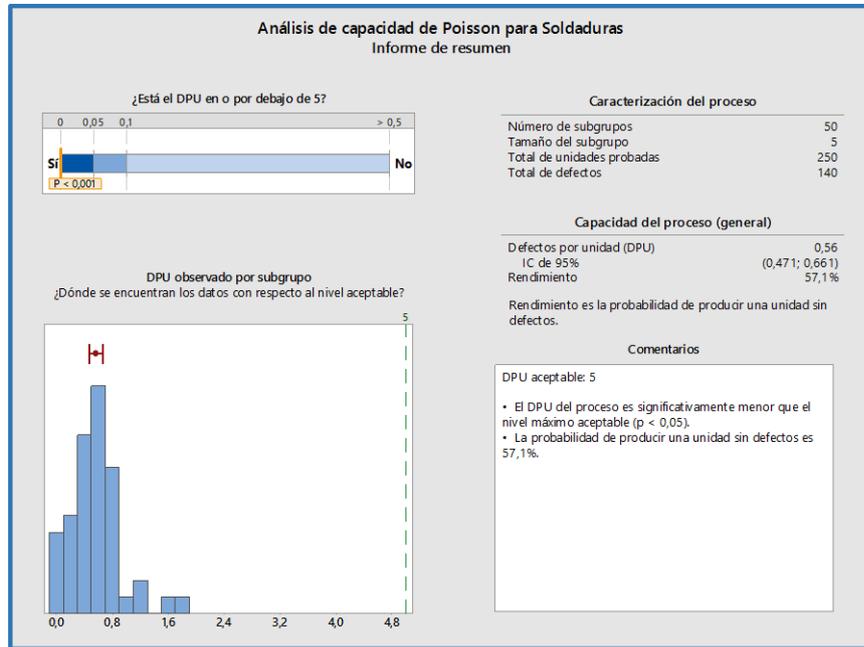
$$UCL_p = 0,140208$$

$$LCL_p = -0,04261$$

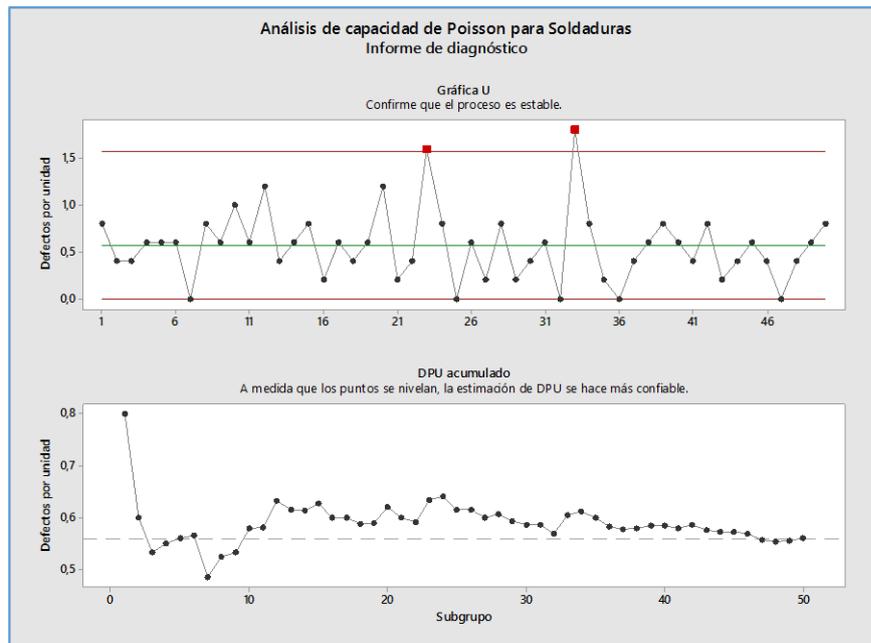
$$LCL_p = 0,00$$

#### 4.8.2.2 Análisis de capacidad de Poisson

El análisis de capacidad Poisson determinar los defectos por unidad (DPU) que satisface los requisitos básicos de calidad, este tipo de análisis se recomienda para evaluar la capacidad de un proceso que produce datos de atributos.



**Figura 10-4:** Determinación de la capacidad del proceso de soldaduras  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 5-4:** Análisis de capacidad de Poisson para soldaduras  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.2.3 Interpretación de las grafica de capacidad del proceso de soldadura.

En la gráfica de capacidad del proceso de soldadura, encontramos seis gráficos de control los mismo que nos indican si nuestro proceso o sub proceso están dentro de tienen un comportamiento normal o si presentan alguna variación extrema, gráfica Xbarra, nos muestra que todos nuestros datos están dentro de los límites establecidos, la gráfica R nos muestra que el rango de la muestra tiene un comportamiento normal como podemos verificar todos los elementos medidos están dentro de los limites permisible.

#### 4.9 Etapa de mejora

En esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora para el proceso. Para hacer esto se requiere de una lluvia de ideas que genere propuestas, las cuales deben ser probadas usando corridas piloto dentro del proceso. La habilidad de dichas propuestas para producir mejoras al proceso debe ser validada para asegurar que la mejora potencial es viable. De estas pruebas y experimentos se obtiene una propuesta de cambio en el proceso, es en esta etapa en donde se entregan soluciones al problema.

**Objetivo.-** Mejorar las condiciones de operación actual, elevando el desempeño de los procesos en forma independiente, disminuyendo las incidencias de los factores o las variables críticas de calidad

#### **Metodología.**

1. Reunir al equipo de trabajo
2. Generación de alternativas de mejora para los procesos de corte y soldadura
3. Explicar los conceptos, características, la importancia del uso procedimientos de trabajo y el mantenimiento de máquinas y herramientas.
4. Roles y responsabilidades.
5. Documentos y registros propuestos

Una vez reunido el equipo de trabajo se realiza una lluvia de ideas, con miras a elevar el desempeño de los procesos de corte y soldadura, para lo cual se tomara como base la matriz análisis de modo y efecto de falla (AMEF) la cual nos indica que los problemas se originan por dos causas principales, por los operadores (falta de capacitación, adiestramiento, experiencia) y por la maquinaria (maquinaria y equipos en malas condiciones) , con esta información determinaremos las soluciones posibles.

Posteriormente determinaremos la capacidad del proceso (nivel sigma) de corte y soldadura para compararla con las ya identificadas en la fase medición y poder verificar si existe o no las mejoras correspondientes, luego se analizara el proceso en general para la comprobación de nuestra hipótesis.

#### 4.9.1 Generación de alternativas de mejora

Para determinar las mejoras en los procesos debemos considerar dos conceptos muy importantes de corto y largo plazo.

**El corto plazo:** Se entiende como el periodo de tiempo mínimo para que se presenten cambios de forma que repercutan en los resultados de la producción.

**Largo plazo:** Representa el período de tiempo necesario para realizar cambios profundos o de fondo a las condiciones de la producción. Entendiéndose por cambios profundos a la alteración de los factores de producción, es decir la intervención directa sobre la maquinaria, mano de obra, métodos de trabajo, ambientes de trabajo, seguridad industrial, etc.

El planteamiento de las alternativas de mejora del proyecto se encaminará en conseguir resultados a corto plazo de esta manera se pretende corregir las variables del proceso, para posteriormente realizar un plan de mejora a largo plazo. Por otro lado se debe tomar en cuenta que el proyecto de estudio está dirigida a una pequeña empresa que no posee la capacidad para realizar grandes inversiones para la implementación al 100% de tecnología, maquinaria y talento humano.

Bajo este contexto las alternativas de mejora propuestas tendrán un tiempo estimado de tres meses, tomando en cuenta las características de las mejoras.

**Tabla 11-4:** Detalle de las alternativas de mejora.

DEFECTOS O FALLAS	ALTERNATIVAS DE MEJORA	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS	PERIODO DE IMPLEMENTACIÓN
OPERADORES	Capacitación y adiestramiento	Gerente general; supervisor de calidad jefe de producción	Programas de capacitación teóricos y prácticos a nivel interno y externo	Corto plazo
	Selección del personal	TT-HH; jefe de producción	Pruebas de soldadura	Corto plazo
	Elaboración de procedimientos de trabajo)	Supervisor de calidad	Uso estricto de procedimientos de trabajo	Corto plazo

		jefe de producción		
	Control de calidad	supervisor de calidad jefe de producción	Check list de inspección en campo	Corto plazo
MAQUINARIA Y EQUIPO	Control periódico de maquinaria y equipos	Supervisor de calidad, jefe de producción	Mantenimiento preventivo	Corto plazo
	Inspecciones periódicas	Supervisor de calidad	(Check list)	Corto plazo

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: El autor.

#### 4.9.2 Análisis de la factibilidad propuesta

Antes de poner en marcha las mejoras planteadas es indispensable verificar la viabilidad de la propuesta de mejoramiento. Para ello se va a tomar en cuenta los siguientes aspectos.

Periodo

**Tabla 12-4:** Análisis de factibilidad de las alternativas de mejora.

FACTIBILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA	
ASPECTO	DETALLES
TÉCNICOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En base al estudio realizado se puede realizar la medición y análisis del nivel actual de calidad: DPMO, nivel <math>\sigma</math>, NPR y capacidad del proceso de acuerdo a la metodología SEIS SIGMA.</li> <li>- La empresa cuenta con los técnicos (Jefe de producción y supervisor de calidad) de la metodología SEIS SIGMA.</li> <li>- La planta brindan todas condiciones necesarias para llevar a efecto las mejoras, de esta manera se podrá medir y evaluar los beneficios reales.</li> </ul>
ECONÓMICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La ejecución de las alternativas de mejora no requieren de una gran inversión, ya que se cuenta el personal que puede llevar a cabo la implementación y las herramientas estadísticas para la adecuada implementación del proyecto</li> <li>- El gerente general de la empresa debe comprometerse en dar seguimiento y los recursos económicos para la completa implementación como también velar que todas las recomendaciones se cumplan en los plazos establecidos.</li> </ul>
BENEFICIARIOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La propuesta de las mejoras tiene como propósito incrementar la producción y de la calidad de los procesos, de esta manera elevar sus ingresos y garantizando la estabilidad de los trabajadores y clientes.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: El autor.

#### 4.9.3 *Financiamiento de la propuesta de mejora*

El coste de llevar a cabo el plan de mejoramiento propuesto en este estudio implica la necesidad de realizar una inversión económica para cubrir con los gastos asociados. Por esta razón es importante detallar costos que tendrá cada uno los parámetros del proyecto:

**Tabla 13-4:** Financiamiento para el proyecto

<b>DEFECTOS O FALLAS</b>	<b>ALTERNATIVAS DE MEJORA</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>COSTOS USD.</b>
<b>OPERADORES</b>	Capacitación y adiestramiento	Programas de capacitación teóricos y prácticos a nivel interno y externo	4500
	Selección del personal	Pruebas de soldadura	3000
	Elaboración de documentos y registros	Uso estricto de procedimientos de trabajo	500
	Control de calidad Supervisión del trabajo	Check list de inspección en campo	500
<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	Control periódico de maquinaria y equipos	Mantenimiento preventivo	1000
	Inspección periódico	(Check list)	1000
<b>TOTAL</b>			<b>10.500</b>

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: El autor.

Los costos para la mejora de los procesos de corte y soldadura se centrarían en la capacitación del personal técnico y el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y maquinaria, como podemos observar el monto total es igual a 10.500 dólares los mismo que no se reflejarían como costos sino como una inversión en la mejora continua de la calidad.

Todos estos gastos estarán bajo responsabilidad de la empresa representado por la gerencia general, quien será el responsable de su financiamiento y seguimiento de buen usos de estos recursos.

#### 4.9.4 *Capacitación y adiestramiento al personal técnico y operadores*

El programa de capacitación estará dirigido tanto al personal técnico como soldadores y ayudantes, lo que se propone es capacitar a todos los involucrados en el proceso, mediante la capacitación con personal especializado en materia de Procesos de producción, SEIS SIGMA y soldadura, para que de esta manera se cree una cultura de Producción esbelta, cumpliendo cada uno con sus responsabilidades, luego será responsabilidad del gerente y personal técnico dar cumplimiento a producir con calidad, tomando como principal eje principal de la empresa los la calidad de sus productos.

**Tabla 14-4:** Programa de capacitación para el personal de empresa

PROGRAMA	BENEFICIARIOS	TIPO Y PERIODICIDAD	INSTRUCTOR	COSTO MENSUAL
Sistemas de producción	Todo el personal de la sección	Mensual	Especialista de centro de capacitación	<b>1500,00</b>
Capacitación en buenas prácticas de manufactura	Todo el personal de la sección	Mensual	Especialista de centro de capacitación	
Proceso de soldadura	Operarios	Mensual	Especialista de centro de capacitación	
Tipos de soldadura	Todo el personal de la sección	Mensual	Especialista de centro de capacitación	
Uso correcto de equipos e instrumentos de medición	Todo el personal de la sección	Mensual	Especialista de centro de capacitación	
Mantenimiento preventivo y correctivo de máquinas y herramientas	Todo el personal de la sección	Mensual	Especialista de Centro de capacitación	

**Fuente:** Elaboración propia

**Realizado por:** El autor.

**NOTA:** Cabe aclarar que se debería capacitarse al personal de la sección de estructuras mensualmente durante tres meses para estimar que el proceso alcanzado el nivel de mejora propuesto.

El financiamiento para el plan de capacitación será a cargo de la empresa, para lo cual se destinarán recursos propios, siempre con el enfoque de inversión más no de gatos. Es decir, en el estado de resultados se debe considerar como un rubro más, dándole un valor económico que permita cubrir con el costo de la capacitación

#### **4.9.5 Selección del personal.**

La selección del personal se debe realizar de tal forma que se garantice que los trabajos a realizarse van a ser ejecutados por personal calificado, debidamente capacitados con experiencia en el área, a su vez se debe capacitar, inducir y tomar pruebas de evaluación a los soldadores y esmeriladores para el ingreso a los puestos de trabajo.

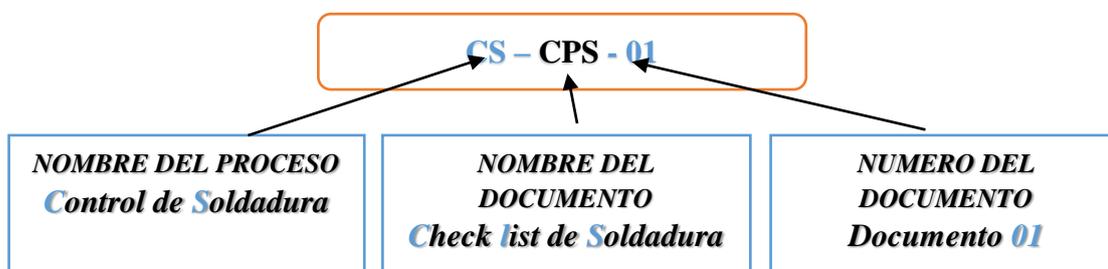
#### **4.9.6 Documentos y registros**

Para un buen control de la calidad se establece generar de registros de las tareas a realizarse, para que de esta manera sea fácil de notar si un procedimiento está dentro de los parámetros o existe alguna desviación, esto se traduce en la creación, implementación y buen uso de una serie de

documentos (registros de calidad), los mismo que ayudaran a mejorar la producción, mismo que podrán ser modificados según la necesidad.

Tabla 15-4: **Código de registros**

<b>CORPORACIÓNMEGABUSS CIA LTDA</b>		<b>CODIGO:</b> <b>CS-CPS-01</b>
		<b>AREA:</b> <i>Control de calidad</i>
<b>PROCESO:</b>	<i>Corte de elementos TC</i>	<b>FECHA:</b>
<b>RESPONSABLE;</b>	<i>Supervisor de calidad</i>	<b>REVISADO:</b> <i>Gerente técnico</i>



**Figura 6-4:** Codificación para los documentos y registros

Fuente: Elaboración propia

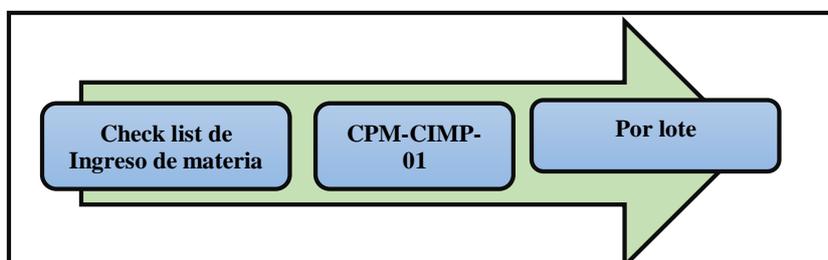
La identificación de un documento sería mediante una codificación que está conformado por tres términos individuales, el primero indica el nombre del parámetro o alternativa de mejora y toma las primeras letras de dicho nombre, el segundo también utiliza letras y lleva las siglas del nombre del documento o registro y el tercer código es numérico y sirve para identificar el orden de los documentos, con ellos es fácil identificar de que actividad o se está realizando e identificar los registros de entre los diversos tipos. A continuación, se detallan los registros que se implementaran para mejorar el control de la calidad en los procesos:

**Tabla 16-4:** Documentos y registros a implementarse

ASPECTO DE MEJORA	NOMBRE DEL DOCUMENTO O REGISTRO	CÓDIGO
<b>C</b> ontrol de <b>M</b> ateria <b>P</b> rima	Checklist de Ingreso de materia prima.	<b>CMP-CIMP-01</b>
Supervisión del Trabajo	Órdenes de Trabajo	<b>ST-OTD-02</b>
<b>C</b> apacitación a <b>O</b> perarios y <b>S</b> upervisor de <b>C</b> alidad	Registro de programas de capacitación	<b>COSC-RPC-03</b>
<b>C</b> ontrol de la <b>P</b> roducción	Guía de observación: DPMO, nivel sigma	<b>CP-GO-04</b>
	Matriz AMEF: NPR	<b>CP-MA-05</b>
	Herramienta gráfica para la capacidad del Proceso	<b>CP-CP-06</b>
	Gráficas de control	<b>CP-GC-07</b>

Fuente: Elaboración propia  
Realizado por: El autor.

El control de la materia prima es un aspecto muy importante que se debe tener en cuenta, de esta parte que se cumpla con todas las características de la carrocería, según el estudio inicial de 50 tubos revisados existen dos con fallas, esto indica que la materia prima no tiene una mayor incidencia en la calidad del producto, pero se debe verificar que cada uno de los tubos cumplan con las características físicas establecidas, forma, dimensiones y material especificado.



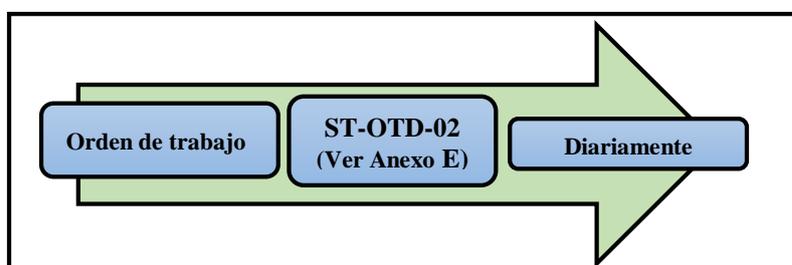
**Figura 7-4:** Esquema ilustrativo de control de materia prima

Fuente: Elaboración propias

#### 4.9.6.1 Supervisión del trabajo

La supervisión del trabajo consiste en el seguimiento permanente de cada una de las actividades a realizarse, dando estricto cumplimiento de los parámetros indicados de calidad, de esta forma se puede verificar si alguna de las variables está fuera de los rangos de tolerancia establecidos anticipándonos a que los errores sucedan.

Diariamente se realizara una reunión de cinco minutos donde se designara cada una de la funciones y las respectivas ordenes de trabajo, esta reunión será dirigida por el jefe de planta y las ordenes serán entregadas por el supervisor de calidad.



**Figura 8-4:** Esquema ilustrativo del documento para las órdenes de trabajo

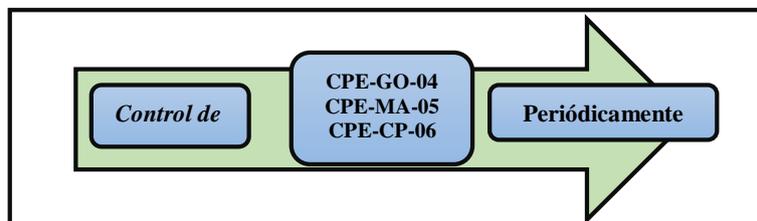
Fuente: Elaboración propia

#### 4.9.7 Control de producción

El control de la producción actual servirá como punto de referencia para realizar las mejoras en los procesos, teniendo como base o punto de partida los indicadores establecidos como son: los defectos por millón de oportunidades, DPMO, nivel de SIGMA ( $\sigma$ ), el nivel de probabilidad del

riesgo (NPR) y la capacidad del proceso Cp y Cpk, los mismo que serán documentados registrados según las necesidades establecidas.

Para los DPMO, nivel se SIGMA se presenta la matriz de calculo que se encuentra en el anexo D, para el determinar el número de NPR se utilizara la matriz AMEF, que corresponde a la formato CPE-MA-06 que se detalla en el anexo E.



**Figura 15-4:** Esquema ilustrativo del documento para control de producción  
Elaborado por: Patricio Tierra.

#### **4.9.8** *Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos*

Para entender la importancia del mantenimiento de Mantenimiento Preventivo debemos conocer algunas definiciones.

La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también es conocido como mantenimiento preventivo planificado – MPP, su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno. Con un buen Mantenimiento Preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

##### **4.9.8.1** *Ventajas del mantenimiento preventivo:*

Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.

Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.

Mayor duración, de los equipos e instalaciones.

Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.

Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.

Menor costo de las reparaciones.

#### *4.9.8.2 Fases del mantenimiento preventivo:*

Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.

Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente,

Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.

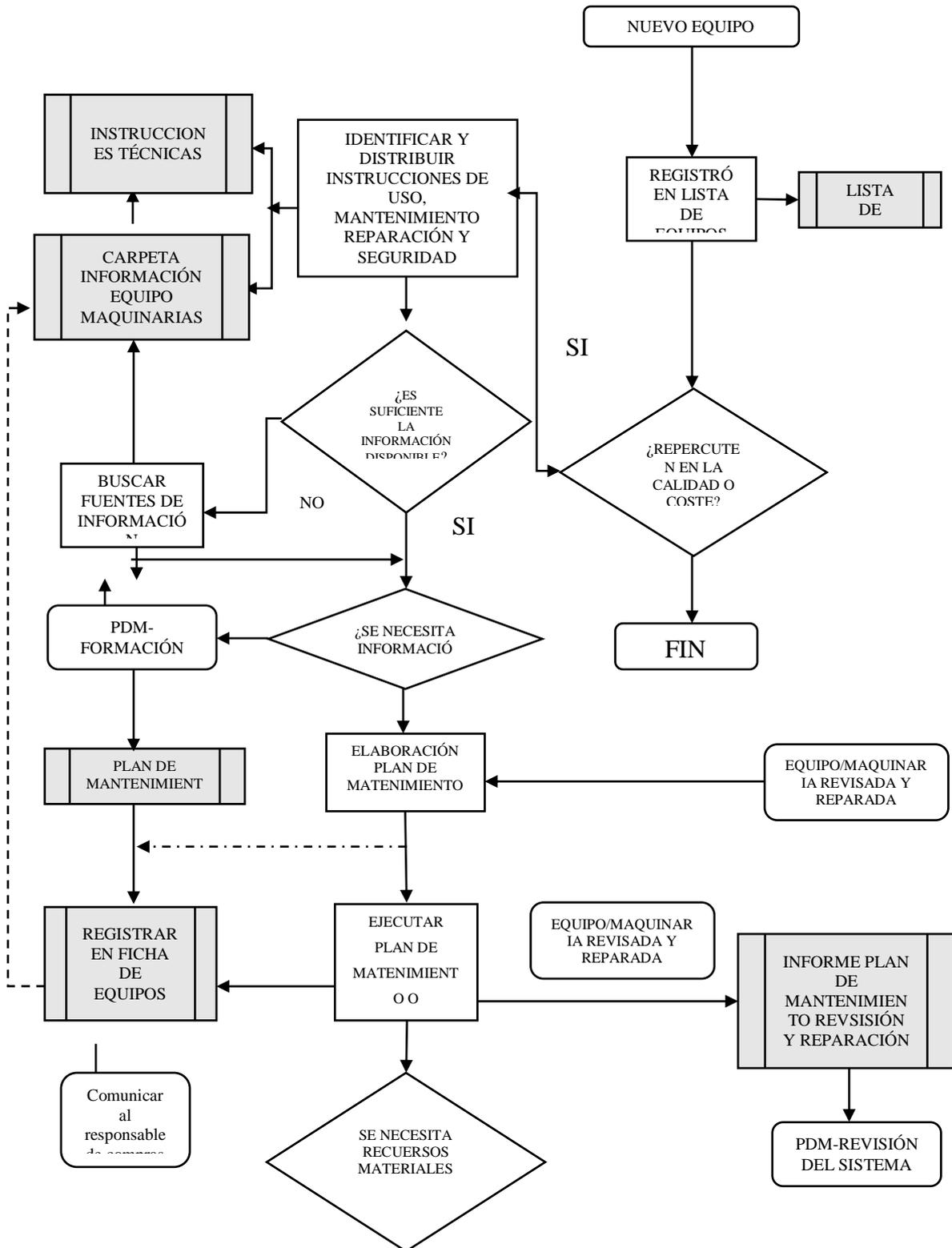
Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

En el anexo G se presenta el procedimiento de mantenimiento y reparación de maquinarias y equipos, el mismo que debe cumplirse al 100% para alcanzar los resultados esperados, a continuación en la figura

#### *4.9.9 Evaluación de las mejoras*

En base al estudio preliminar se han planteado las alternativas de mejora, las cuales contarán con el respaldo de la documentación y registros. Todas las actividades deben ser registradas en la matriz AMEF, por esta razón en la **Tabla 4-15**, se establece la nueva matriz AMEF considerando las alternativas de mejora, que básicamente es la misma matriz de la fase de medición pero con las mejoras propuestas. Los valores de severidad, ocurrencia, detección y NPR para la mejora (lado derecho de la matriz) no se han registrado porque las mejoras entrarán en vigencia posterior al diseño del proyecto.

## DIAGRAMA DE FLUJO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINARIA



**Figura 16-4:** Diagrama de flujo de mantenimiento de equipos y maquinaria  
Elaborado por: Patricio Tierra.

**Tabla 17-4:** AMEF del proceso de fabricación de carrocerías para bus interprovincial

<b>ANÁLISIS DE MODO FALLA Y EFECTOS EN EL PROCESO</b>															
<b>N° de código:</b> AMEF 01															
<b>PRODUCTO:</b> Fabricación de Estructuras para Carrocerías de buses Interprovinciales															
<b>ELABORADO POR:</b> Patricio Tierra															
Paso del proceso	Modo de falla Potencial	Efectos de falla potenciales	S E V	Causas potenciales	O C U	Controles actuales de prevención /detención	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Responsable	Acciones adoptadas	R E V	O C U	D E T	N P R
Cortar	Piezas irregulares	Piezas de mayor o menor longitud que la normal	8	Falta adiestramiento	2	Visual y no registrada	6	96	Capacitación y supervisión	Supervisor de calidad	Capacitación	8	1	8	64
	Cortes descuadrados	Complejidad en la unión	9	Maquinaria y equipos en malas condiciones	2	Visual y no registrada	6	108	Capacitación y supervisión	Supervisor de calidad	Capacitación	7	1	9	63
	Exceso de viruta	Pérdida de tiempo en correcciones	8	Falta de habilidad	1	Visual y no registrada	3	24	Uso correcto de materiales	Supervisor de calidad	Revisión de materiales	8	1	7	56
	Forma incorrecta	Piezas deformes que dificultan el correcto armado	7	Mediadas mal tomadas, distracción o prisa	2	Visual y no registrada	2	28	Establecer procedimiento y tiempo tipo	Supervisor de producción	Supervisión adecuada	7	1	2	14
Soldar	Elementos descuadrados	Elementos desalineadas	8	Falta de entrenamiento o distracción	3	Visual y no registrada	5	120	Capacitación y supervisión	Supervisor de calidad	Capacitación	8	1	2	16
	Salpicadura excesiva	Presencia de residuos en la superficie	8	Equipo mal calibrado	1	Visual y no registrada	2	16	Verificación de cables, lagartos.	Soldados	Supervisión adecuada	8	1	2	16
	Porosidad	Presencia de agujeros en la unión	9	Maquinaria y equipos en malas condiciones	4	Visual y no registrada	8	288	Plan de mantenimiento	Supervisor de calidad	Capacitación	9	1	2	16
	Escaso material depositado	Superficie irregular							Plan de mantenimiento	Supervisor de calidad	Capacitación	9	1	9	81
	Fisuras o grietas	Pérdida de tiempo en reprocesos							Plan de mantenimiento	Supervisor de calidad	Capacitación	9	1	9	81
	Mordeduras	Defectos en la superficie							Plan de mantenimiento	Supervisor de calidad	Capacitación	9	1	9	81
	Sobre montas	Superficies con exceso de soldadura	7	Falta de habilidad, material defectuoso	2	Visual y no registrada	2	28	Mayor concentración	Supervisores de calidad y producción	Stock de materiales	7	1	2	14
Chispazos	Superficies desgastadas	8	Falta de capacitación	2	Visual y no registrada	2	28	Capacitación	Supervisor de calidad y producción	Capacitación programada	8	1	2	16	

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: El autor

#### *4.9.9.1 Interpretación de la matriz AMEF*

Una vez que se ha realizado los cambios propuestos en la etapa de mejora se procede a realizar el llenado de la matriz AMEF completamente para de esta manera verificar si existen cambios significativos de los niveles de NPR anterior y los mejorados, realizando una comparación entre las dos columnas podemos demostrar que existe una disminución aceptable entre los NPR, actual y el mejorado.

#### *4.9.10 Determinación del nivel de sigma mejorado*

Esta evaluación es fundamental ya que se verifica si las acciones tomadas han sido eficaces para resolver los problemas detectados, es la parte fundamental ya que de esta depende el éxito del proyecto.

**Objetivo.-** Verificar las mejorar en los procesos de corte y soldadura mediante la comparación de las variables críticas de calidad.

#### **Metodología.**

1. Reunir al equipo de trabajo
2. Evaluar las acciones realizadas en el sub proceso.
3. Determinar si las herramientas utilizadas han sido las correctas
4. Con la ayuda del Minitab 17 realizar las gráficas para determinar la capacidad de los sub procesos.
5. Realizar la comparación con la situación actual con la corregida y determinar si existe o no mejoras.

Para la evaluación del nivel de calidad luego de haber implementado las mejoras se realiza el mismo procedimiento de toma de datos en campo, verificando que cada una de las actividades se genere bajo situaciones normales, cumpliendo netamente con las recomendaciones establecidas.

#### *4.9.11 Evaluación de las mejoras del sub proceso de corte*

Para validar y evaluar las soluciones propuestas se realizan los cambios establecidos en campo realizando un seguimiento minucioso de las recomendaciones, de tal manera que los datos

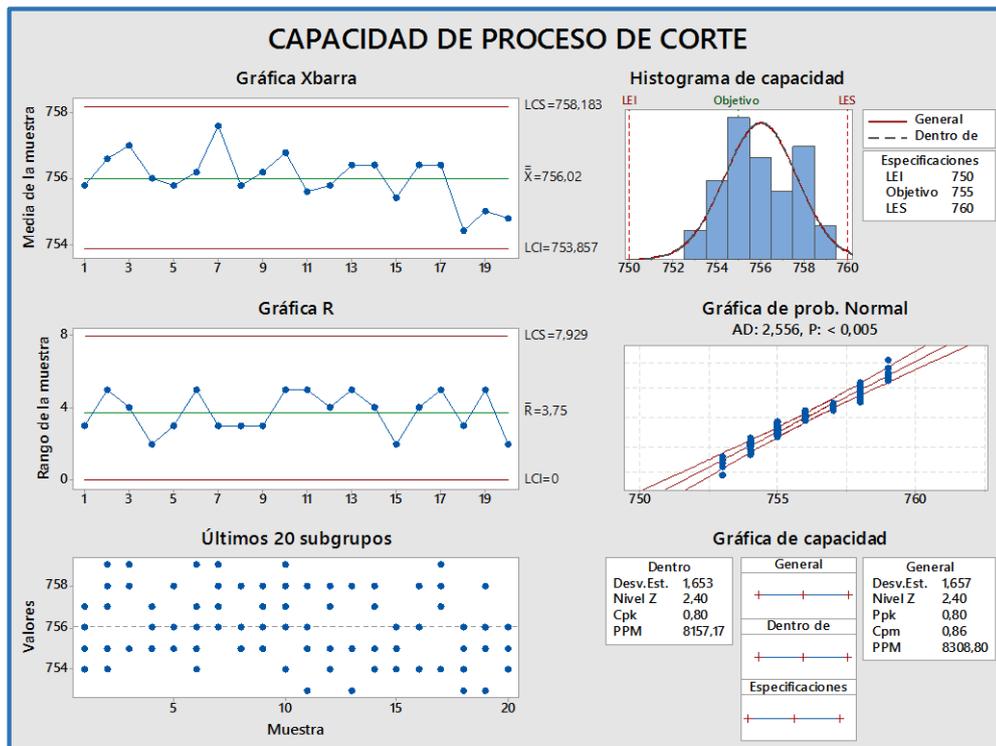
obtenidos garanticen que va existir las mejoras en los procesos, se ha tomado 100 muestras de los nuevos datos de esta manera se garantiza que todos los parámetros sean los óptimos para nuestro estudio.

A continuación se detallan los valores obtenidos para el proceso de soldadura luego de las mejoras realizadas en el mismo.

**Tabla 18-4:** Dimensiones de los elementos cortados luego de aplicar las mejoras.

Variable Y <sub>1</sub> (dimensionamiento y corte de elementos que conforman la estructura). Todas la medidas serán respetas con una tolerancia de $\pm 5\text{mm}$							
Valores tomado en campo luego del plan de mejoras (Ln= 755)							
Número de elementos	Cantidad inspeccionadas	Número de elementos	Cantidad inspeccionadas	Número de elementos	Cantidad inspeccionadas	Número de elementos	Cantidad inspeccionadas
1	755	26	756	51	756	76	756
2	758	27	759	52	760	77	760
3	758	28	757	53	760	78	760
4	760	29	760	54	760	79	760
5	759	30	759	55	758	80	758
6	760	31	759	56	760	81	760
7	759	32	758	57	757	82	757
8	760	33	759	58	760	83	760
9	758	34	757	59	758	84	759
10	760	35	758	60	758	85	758
11	759	36	760	61	758	86	759
12	758	37	759	62	760	87	760
13	755	38	760	63	758	88	760
14	755	39	758	64	758	89	758
15	758	40	755	65	755	90	755
16	758	41	755	66	755	91	755
17	760	42	758	67	758	92	758
18	759	43	758	68	758	93	758
19	760	44	760	69	760	94	760
20	759	45	759	70	759	95	759
21	758	46	758	71	758	96	758
22	760	47	760	72	760	97	760
23	759	48	759	73	759	98	759
24	760	49	760	74	760	99	760
25	759	50	759	75	759	100	759

**Fuente:** Elaboración propia  
**Realizado por:** El autor.



**Figura 17-4:** Gráfica del nivel SIGMA del proceso de corte  
 Elaborado por: Patricio Tierra.

#### 4.9.11.1 Interpretación de las gráficas de control de sub proceso de corte

En la gráfica de capacidad del proceso de corte, encontramos seis gráficos de control los mismo que nos indican si nuestro proceso o sub proceso están dentro de tienen un comportamiento normal o si presentan alguna variación extrema, gráfica Xbarra, nos muestra que todos nuestros datos están dentro de los límites establecidos, la gráfica R nos muestra que el rango de la muestra tiene un comportamiento normal como podemos verificar todos los elementos medidos están dentro de los limites permisible.

La grafica de normalidad nos indica que las datas presentan una distribución normal aunque con una breve desviación la misma que se encuentra dentro de los valores establecidos de tolerancia, también podemos observar el nivel de SIGMA mejorado se ha incrementado de 1,25 a 2,40; valores que nos permiten indican que existe cambios significativos si se habla en valores de sigma.

**Tabla 19-4:** Indicadores de calidad

Datos Generales	
Desviación estándar	1,653
Nivel de $\sigma$	2,4
Cpk	0,80

Fuente: Elaboración propia  
 Realizado por: El autor.

#### 4.9.12 Evaluación de las mejoras del sub proceso de soldadura

La evaluación de las mejoras en el sub proceso de soldadura es importante para determinar si el proyecto SEIS SIGMA basado en el ciclo DMAIC ha sido implementado de manera correcta y sus aportes a al mejoramiento de la calidad son significativos

**Tabla 20-4:** Proceso de soldadura

N° de muestras	Cantidad inspeccionadas n	N° disconformidades np	Proporción de no conformidad es p	N° de muestras	Cantidad inspeccionadas n	N° disconformidades np	Proporción de no conformidad es p
1	100	2	0,02	51	100	0	0
2	100	1	0,01	52	100	1	0,01
3	100	1	0,01	53	100	2	0,02
4	100	1	0,01	54	100	1	0,01
5	100	0	0	55	100	2	0,02
6	100	1	0,01	56	100	1	0,01
7	100	0	0	57	100	0	0
8	100	2	0,02	58	100	2	0,02
9	100	1	0,01	59	100	1	0,01
10	100	1	0,01	60	100	1	0,01
11	100	1	0,01	61	100	0	0
12	100	2	0,02	62	100	2	0,02
13	100	2	0,02	63	100	1	0,01
14	100	1	0,01	64	100	1	0,01
15	100	1	0,01	65	100	0	0
16	100	1	0,01	66	100	2	0,02
17	100	1	0,01	67	100	2	0,02
18	100	2	0,02	68	100	1	0,01
19	100	1	0,01	69	100	2	0,02
20	100	2	0,02	70	100	0	0
21	100	1	0,01	71	100	2	0,02
22	100	2	0,02	72	100	0	0
23	100	1	0,01	73	100	2	0,02
24	100	2	0,02	74	100	1	0,01
25	100	0	0	75	100	0	0
26	100	1	0,01	76	100	1	0,01
27	100	1	0,01	77	100	1	0,01
28	100	0	0	78	100	2	0,02
29	100	1	0,01	79	100	1	0,01
30	100	2	0,02	80	100	2	0,02
31	100	1	0,01	81	100	1	0,01

32	100	0	0	82	100	0	0
33	100	2	0,02	83	100	2	0,02
34	100	1	0,01	84	100	2	0,02
35	100	1	0,01	85	100	1	0,01
36	100	0	0	86	100	0	0
37	100	2	0,02	87	100	2	0,02
38	100	1	0,01	88	100	2	0,02
39	100	2	0,02	89	100	1	0,01
40	100	1	0,01	90	100	0	0
41	100	2	0,02	91	100	2	0,02
42	100	1	0,01	92	100	1	0,01
43	100	1	0,01	93	100	1	0,01
44	100	2	0,02	94	100	2	0,02
45	100	1	0,01	95	100	0	0
46	100	2	0,02	96	100	2	0,02
47	100	0	0	97	100	0	0
48	100	2	0,02	98	100	2	0,02
49	100	1	0,01	99	100	2	0,02
50	100	2	0,02	100	100	1	0,01
				total	5000	121	

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: El autor.

#### 4.9.12.1 Cálculo de los límites de tolerancia para la sub proceso de soldadura.

Cálculos de los límites inferior y superior

$$\rho = \frac{\sum np}{\sum n}$$

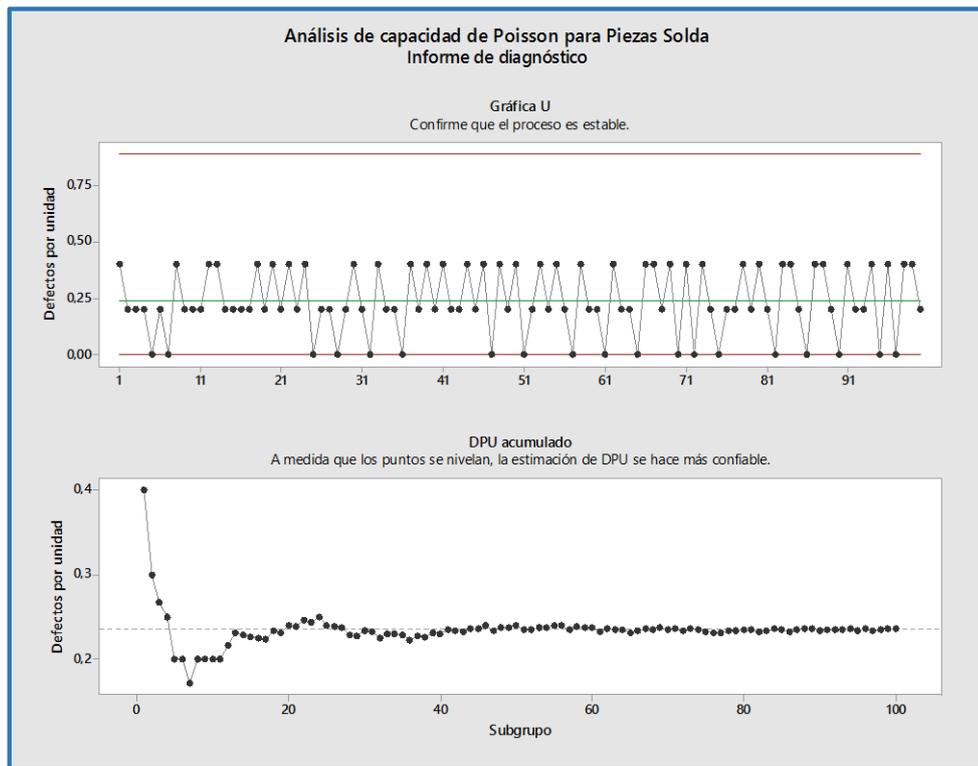
$$\rho = \frac{121}{5000} = 0,0242$$

$$UCL = 0,0488 + 3 \sqrt{\frac{0,0242 * (1 - 0,0242)}{100}} \quad LCL = 0,0488 - 3 \sqrt{\frac{0,0242 * (1 - 0,0242)}{100}}$$

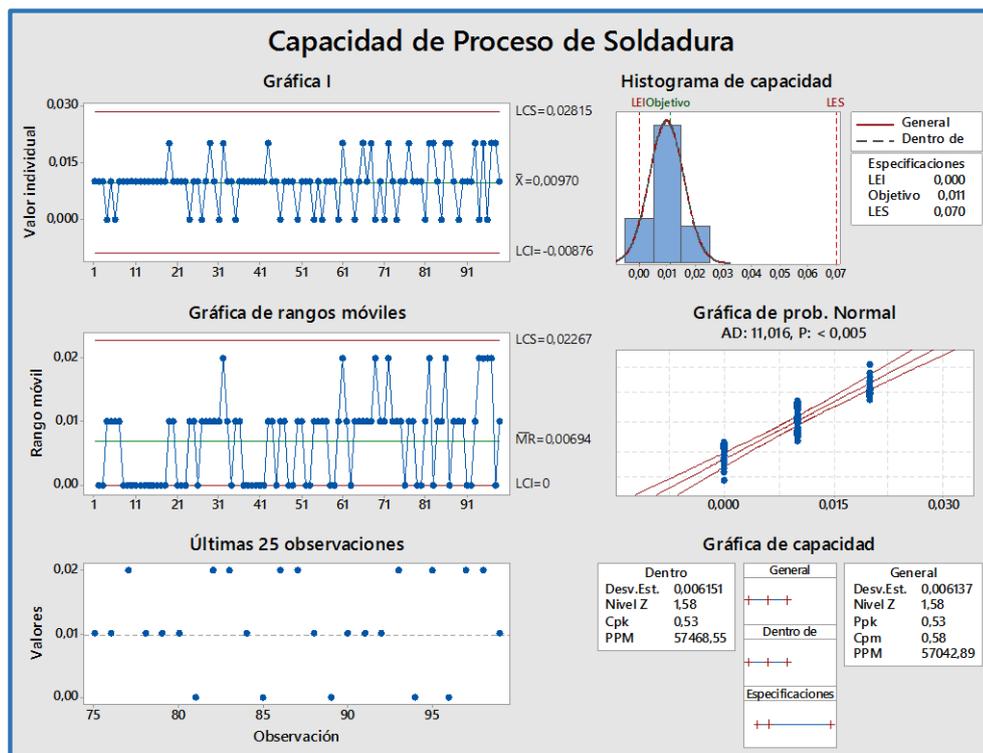
$$UCL\rho = 0,070$$

$$LCL\rho = -0,0219$$

$$LCL\rho = 0,00$$



**Figura 18-4:** Gráfica del nivel SIGMA del proceso de soldadura  
Elaborado por: Patricio Tierra.



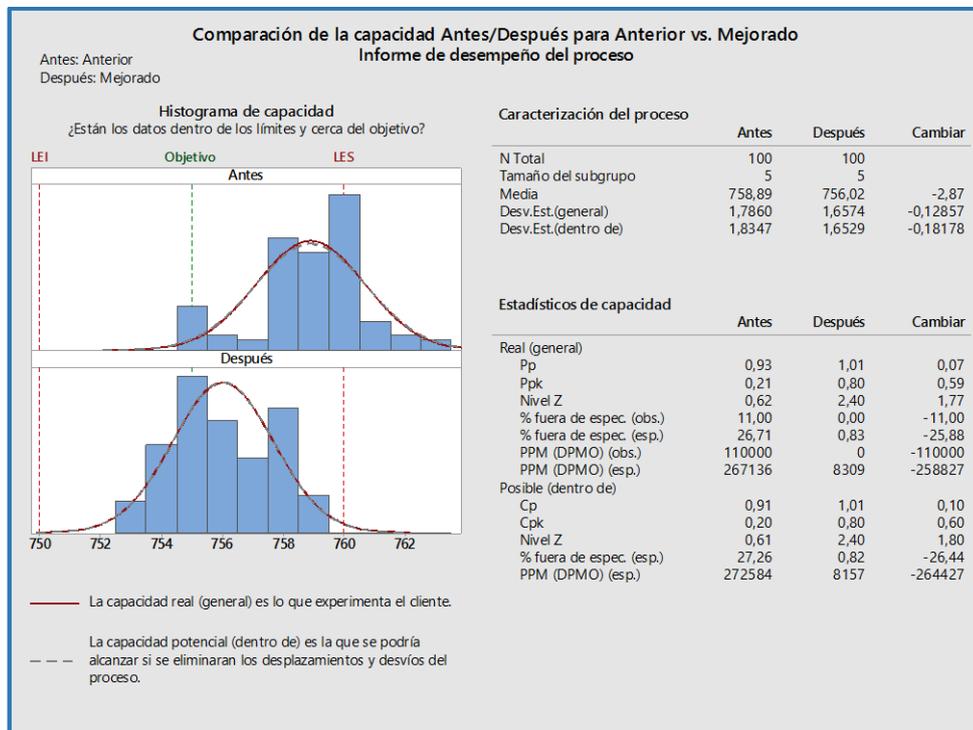
**Figura 19-4:** Análisis de capacidad de Poisson para soldaduras  
Elaborado por: Patricio Tierra

#### 4.9.12.2 Interpretación de las gráficas de control de sub proceso de corte

En la gráfica de capacidad del proceso de soldadura, encontramos los gráficos de control los mismo que nos indican si nuestro o sub proceso están dentro de tienen un comportamiento normal o si presentan alguna variación extrema, gráfica DPU nos indica que existe un comportamiento bastante aceptable de la capacidad del proceso, aunque existe varios datos que se encuentran en el límite de tolerancia. El histograma de capacidad no indica que tenemos una capacidad muy estable, aunque se puede ver que existen valores fuera de rango el mismo que deben ser corregidos. La grafica de normalidad nos indica que las datas presentan una distribución normal aunque con una breve desviación la misma que se encuentra dentro de los valores establecidos de tolerancia, también podemos observar el nivel de SIGMA de 1,58.

#### 4.9.13 Comprobación de la capacidad del antes y después de las mejoras.

##### A) SUB PROCESO DE CORTE



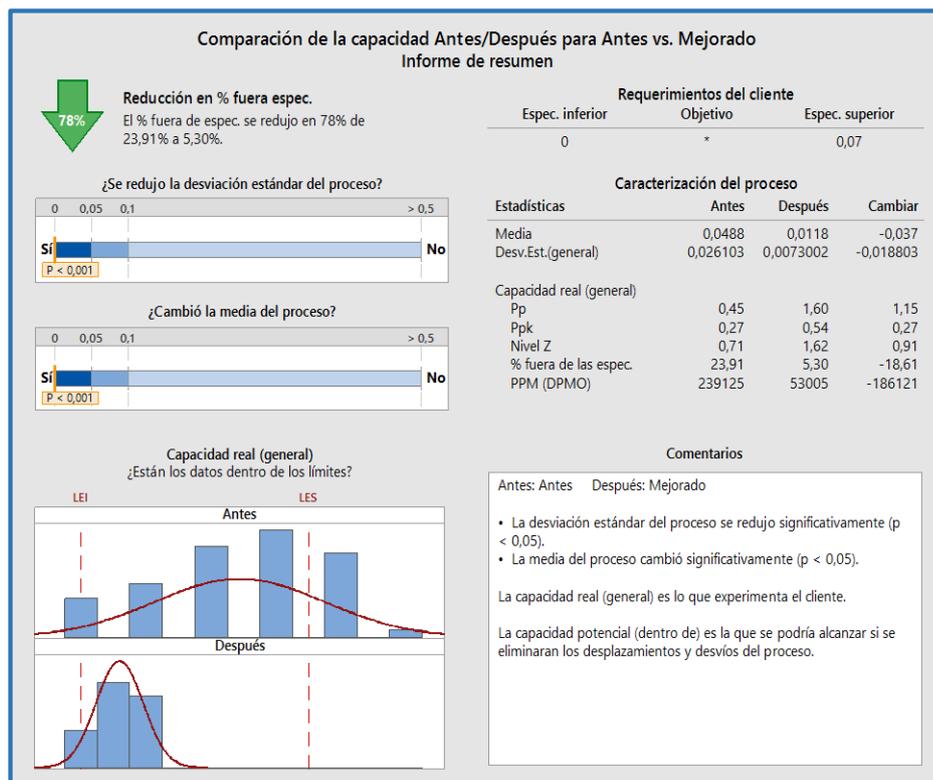
**Figura 20-4:** Grafica de comparación nivel de sigma anterior vs el mejorado  
Elaborado por: Patricio Tierra

#### 4.9.13.1 Interpretación de la gráfica de capacidad de proceso anterior vs mejorada

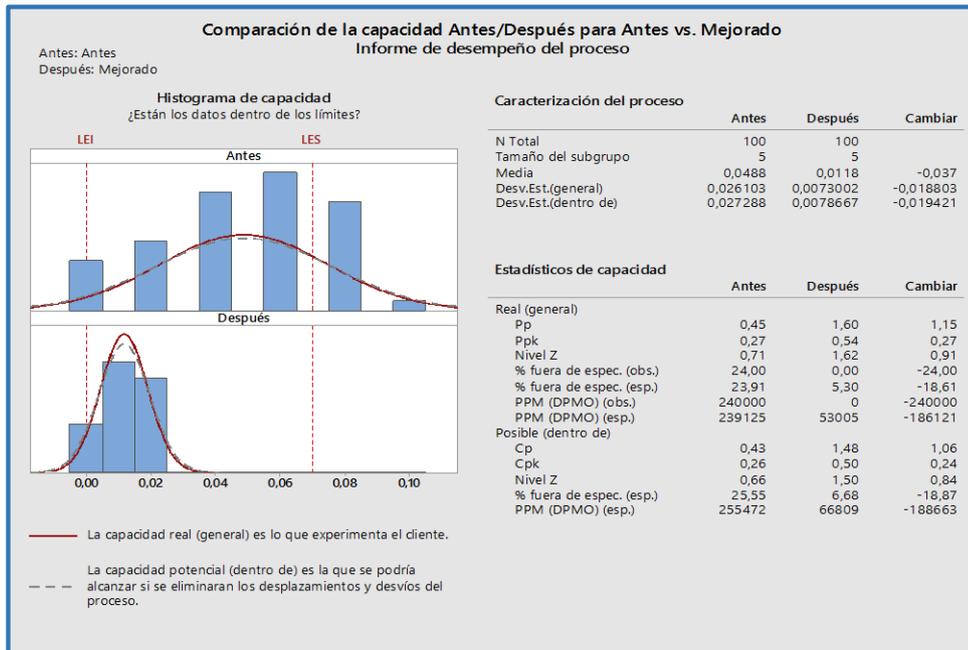
Podemos identificar que la caracterización de ambos casos en anterior y el mejorado se dan en las mismas condiciones esto quiere decir que se toma los datos en iguales condiciones, para el primer caso se toman 100 datas y para el segundo también 100, un tamaño de grupo de 5 y la media estándar fluctúa entre 756 y 758.

En el histograma del proceso de corte podemos apreciar claramente que al inicio tenemos una curva bastante descentrada, lo que se puede describir como un proceso pobre, mientras que la gráfica mejorada presenta una distribución bastante centrada, los indicadores de desempeño muestran un incremento aceptable de mejora, teniendo un nivel de sigma inicial de 0,67 incrementándose a 2,40 lo que nos indica que el proceso ha mejorado.

### B) SUB PROCESO DE SOLDADURA



**Figura 21-4:** Comprobación del proceso de soldadura  
Elaborado por: Patricio Tierra



**Figura 22-4:** Informe del desempeño del proceso de soldadura  
Elaborado por: Patricio Tierra

#### 4.9.13.2 Interpretación de la gráfica de capacidad de proceso de soldadura anterior vs mejorada

Como podemos observar en la figura 4-19 los histogramas de capacidad nos indican que existe una gran diferencia entre la situación anterior y la mejorada, la gráfica de la situación antes muestra que su capacidad de proceso es inestable, ya que sus datos se encuentran lejos de la tendencia central, lo que representa un proceso bastante pobre, por otro lado el histograma de la situación mejorada presenta una curva bastante centrada aunque algunos datos aún siguen fuera de los límites de especificación, también podemos realizar la comparación de los indicadores de calidad anteriores vs los mejorados, así el nivel de sigma anterior es igual a 0,71 versus el propuesto general es 1,62 existiendo un incremento 0.91 en el nivel mejorado de sigma.

Como hemos demostrado realizando la comparación de los niveles de sigma inicial y mejorada existe un incremento bastante considerable entre la situación inicial y la mejorada, lo que nos permite concluir que la metodología Seis Sigma fue aplicado de una manera exitosa.

### 4.10 Etapa de control

Tras validar que las soluciones funcionan, es necesario implementar controles que aseguren que el proceso se mantendrá en su nuevo rumbo. Para prevenir que la solución sea temporal, se documenta el nuevo proceso y su plan de monitoreo. Solidez al proyecto a lo largo del tiempo.

## **Objetivo.**

Crear un documento maestro que contenga la información necesaria para controlar el proceso los procesos de Corte, Soldadura en la sección de fabricación de carrocerías.

## **Metodología.**

1. Reunir al equipo de trabajo
2. Explicar los conceptos, características, la importancia y los beneficios de tener un documento maestro “Plan de Control” que sirva como guía para garantizar la calidad en nuestro proceso la campaña del correcto uso de los instrumentos y mantenimiento de máquinas y herramientas.
3. En base a la información obtenida en la herramienta Matriz AMEF, elaborar un plan de control para nuestro proceso.
4. Documentar la toma de datos, muestras establecidas, para asegurar de cumplir con las condiciones básicas de calidad.
5. Finalmente documentar las acciones establecidas dentro del documento para identificar con facilidad si alguna variable esta fuera de control.

### ***4.10.1 Plan de Control***

Es necesario confirmar los resultados de las mejoras realizadas. En esta etapa son importantes los indicadores de gestión del proceso que se definen al inicio del proyecto. Los indicadores son necesarios pues no se pueden tomar decisiones por simple intuición. Los indicadores mostrarán los puntos problemáticos del proceso y ayudarán a caracterizar, comprender y confirmar los procedimientos. Mediante el control estadístico de procesos CEP se logra saber si se están cubriendo las necesidades y expectativas de los clientes internos.

Una vez que se ha implementado la solución, esta funcionará seguramente durante un largo tiempo, sin embargo no se puede garantizar su éxito si no existe un control habitual para sostener el status de calidad que se consiguió con SEIS SIGMA.

El plan de control fue puesto en marcha durante la construcción de una carrocería para bus interprovincial en el mismo se demostró su efectividad del mismo bajo las condiciones normales del proceso, con esto se demostró finalmente que el plan de mejoras ayudaron al proceso a trabajar de manera óptima y la aplicación de la metodología genera un producto que cumple con las especificaciones previamente establecidas.

**Tabla 21-4:** Matriz de control de la calidad

PLAN DE CONTROL											
Proceso : corte y soldadura						Código:					
Propietario del proceso:						Revisión:					
						Fecha de efectivo:					
Proceso	Paso del proceso	Entradas	Salidas	Especificaciones	$\sigma$	Técnica de medición	R&R	Tamaño de muestra	Frecuencia	Método de control	Plan de reacción
Construcción de estructuras	Corte	Tubos enteros	Tubos cortados	$L \pm 5$ mm	N/A	Inspección visual	100%	Elementos asignados	Diaria	Verificación de con medidas nominales	Detenga el proceso y separe el producto
		Planchas enteras	Planchas Cortadas	$L^2 \pm 5$ mm	N/A	Inspección visual	100%	Elementos asignados	Diaria	Verificación de con medidas nominales	Detenga el proceso y separe el producto
	<b>Paso del proceso</b>	<b>Entradas</b>	<b>Salidas</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>N/A</b>	<b>Técnica de medición</b>	<b>R&amp;R</b>	<b>Tamaño de muestra</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Método de control</b>	<b>Plan de reacción</b>
	Soldadura	Elementos	Unidades soldadas	Sin defectos	N/A	Inspección visual	100%	Elementos asignados	Diaria	Check List	Detenga el proceso y separe el producto
<b>Elaboró:</b>						<b>Observaciones:</b>					
Nombre y firma											
<b>Revisó:</b>						<b>Recomendaciones:</b>					
Supervisor de calidad											

Fuente: Elaboración propia  
 Realizado por: El autor

#### **4.11 Discusión y resultados**

Una vez aplicada la metodología SEIS SIGMA, conocida como ciclo DMAIC, al proceso de constructivo de carrocerías para buses analizaremos los resultados obtenidos en cada una de sus etapas de esta manera medir el éxito del proyecto y determinar los ajustes que se debe realizar o acciones que se deben tomar para garantizar la calidad de nuestros procesos.

En base a los resultados podremos determinar las conclusiones y recomendaciones que se deberán tomar en cuenta para el buen funcionamiento de la metodología, también validaremos las hipótesis planteadas con el objetivo de justificar nuestro trabajo de grado.

#### **4.12 Evaluación de la hipótesis.**

Para validar una de las dos hipótesis planteadas en el capítulo I, definiremos cada una de ellas, con el propósito de validar  $H_1$  o  $H_0$ .

**$H_1$ :** La aplicación de la metodología SEIS SIGMA, permite mejorar los niveles de calidad en los procesos de estructuración en la empresa CORPORACIÓN MEGABUSS.

**$H_0$ :** La aplicación de la metodología SEIS SIGMA, no permite mejorar los niveles de calidad en los procesos de estructuración en la empresa CORPORACIÓN MEGABUSS

Para la validación de la hipótesis  $H_1$  o  $H_0$  se comparara el nivel de SIGMA de los sub procesos de la sección de manufactura de estructuras determinada en la situación actual o anterior versus el nivel de SIGMA determinada en la situación mejorada, para realizar esta validación describimos dos tablas con cada uno de los niveles de calidad correspondientes.

##### ***4.12.1 Situación Actual***

en la tabla 4.25 en la columna 1 (procesos) se describen cada una de los procesos que se realizan para la fabricación de carrocerías, mientras en la columna dos (nivel de sigma) se describen el nivel de calidad expresado en el nivel de SIGMA de cada proceso, estos niveles fueron determinados por los defectos encontrados en cada etapa. Ver tabla 3.4

**Tabla 22-4:** Nivel de sigma de la situación actual de los procesos de estructuración

SITUACIÓN ACTUAL	
PROCESOS	NIVEL SIGMA
Inspección de materia prima	1,45
Dimensionamiento o medición	1,45
<b>Corte</b>	<b>1,68</b>
Esmerilado	1,65
Doblado	1,37
Punteado de elementos	1,55
<b>Soldadura</b>	<b>1,25</b>
Esmerilado	1,66
<b>TOTAL</b>	<b>1,47</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Realizado por:** El autor.

#### 4.12.2 Situación Propuesta

En la tabla 4.2 en la columna 1 (procesos) se describen cada una de los procesos que se realizan para la fabricación de carrocerías, mientras en la columna dos (nivel de sigma) se describen el nivel de calidad expresado en el nivel de SIGMA de cada proceso, estos niveles fueron determinados por los defectos encontrados en cada etapa. Ver tabla 3.4

**Tabla 23-4:** Nivel de sigma de la situación mejorada de los procesos de estructuración

Situación mejorada	
PROCESO	NIVEL SIGMA ( $\sigma$ )
Inspección de materia prima	1,45
Dimensionamiento o medición	1,69
<b>Corte</b>	<b>2,40</b>
Esmerilado	1,65
Doblado	1,37
Punteado de elementos	1,55
<b>Soldadura</b>	<b>1,62</b>
Esmerilado	1,66
<b>TOTAL</b>	<b>1,68</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Realizado por:** El autor.

#### 4.13 Comparación de nivel de calidad sigma $\sigma$ de la situación actual versus la mejorada

**Tabla 24-4:** Tabla de comparación del nivel de sigma procesos críticos

PROCESO	Situación actual	Situación mejorada	VALOR DE SIGMA MEJORADO
	NIVEL SIGMA $\sigma$	NIVEL SIGMA $\sigma$	
Corte	1,69	2,40	0,71
Soldadura	1,25	1,62	0,37

Fuente: Elaboración propia  
Realizado por: El autor.

**Interpretación:** En la tabla 4,27 podemos observar los nivel de sigma inicial y mejorado tanto del proceso de corte como de soldadura, los mismo que identificados como los críticos para la fabricación de estructuras.

Realizando una comparación entre los valores de sigma podemos apreciar que en el sub proceso de corte el nivel de sigma (calidad del proceso) se incrementa de 1,69 a 2,40 obteniendo un aumento en la capacidad del proceso de 0,71, mientras que en el sub proceso de soldadura de un nivel de sigma de 1,25 se incrementa a 1,62 que traduciéndolo a indicadores de calidad es incremento significativo para mejorar nuestros procesos.

**Tabla 25-4:** Tabla de comparación del nivel de sigma global de la sección de estructuras

PROCESO	Situación actual	Situación mejorada	VALOR DE SIGMA MEJORADO
	NIVEL SIGMA $\sigma$	NIVEL SIGMA $\sigma$	
Proceso de fabricación de estructura para carrocerías.	1,47	1,68	0,21

Fuente: Elaboración propia  
Realizado por: El autor.

**Interpretación:** en la tabla 4.20 encontramos los niveles de sigma inicial y mejorado, pero esta vez representa el nivel global es decir de los 8 sub procesos determinados para nuestro estudio (inspección, medir, corte, esmerilado, doblado, punteado, soldado y acabado superficial), como podemos observar cuantitativamente existe un incremento del nivel de Sigma inicial de 1,47 a un nivel de Sigma mejorado de 1,68, lo cual nos permite establecer que en la sección de manufactura de estructura para carrocerías luego de haber implementado la metodología SEIS SIGMA la capacidad de proceso aumento en un 0,21  $\sigma$ . Por lo tanto demostramos que la hipótesis  $H_0$  es aceptada mientras que  $H_1$  rechazada, lo cual nos permite concluir que.

**$H_1$ :** La aplicación de la metodología SEIS SIGMA, permite mejorar los niveles de calidad en los procesos de estructuración en la empresa CORPORACIÓN MEGABUSS.

## CONCLUSIONES

- Una vez identificado y analizado cada uno de los procesos para la construcción de estructura para carrocerías, se determinó que las técnicas para el control de la calidad actualmente son empíricas e insuficientes, es decir se realizan sin una metodología establecida que garantice la estandarización del producto final.
- Con la ayuda del diagrama de ISHIKAWA, se determina los principales defectos o modos de falla presentes en la fabricación de estructura para carrocerías siendo estos elementos muy grandes o muy pequeños, cordones irregulares, sobre monta, socavaduras y chispazos.
- Mediante la metodología SEIS SIGMA, y la aplicación del ciclo de DMAIC se ha determinado los procesos críticos para la construcción de carrocerías, de esta manera identificar los defectos en los mismos, las causas que lo generan y controlarlos o eliminarlos.
- La aplicación de la metodología SEIS SIGMA nos brinda indicadores de calidad (DPMO capacidad de procesos, nivel de sigma) mediante los cuales se puede evidenciar el nivel de sigma inicial versus sigma mejorado.
- Con la correcta aplicación de la metodología SEIS SIGMA se pudo incrementar el nivel de calidad de 1,47 correspondiente a la situación actual a 1,68 luego de realizar las mejoras establecidas por la metodología.
- La metodología SEIS SIGMA es una herramienta muy práctica para incrementar la calidad de los procesos en toda la línea de producción de la empresa, incrementando beneficios económicos.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar la metodología SEIS SIGMA en todas las áreas de producción para asegurar la calidad en toda la línea de productiva de la empresa.
- Para lograr cumplir la meta organizacionales se establece un plan maestro de control de la calidad producción el mismo que interactúe en todas las secciones
- Es aconsejable realizar una revisión crítica de los resultados del proyecto una vez que se cumpla el período de vida en su primera etapa, que se le denominó corto plazo
- Se debe establecer 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.
- Se recomienda aplicar la programación propuesta en la práctica, no solamente en el simulador sino también en la realidad, para poder verificar los resultados teóricos que arroja el sistema.
- Se recomienda generar un plan de mejora global en función de la producción y capacidad de proceso obtenida para lograr reducirlas o eliminarlas sus defectos

## **Bibliografía.**

- Anthony, J.** (2006). *Design for Six Sigma*. Washinton, Quality Council of indiana (QCI), p. 55
- Bonnin, R.** (2005). *La estrategia Seis Sigma y el control interno de la calidad*. Dignostico In Vitro, 1-2. primera edición , Tokyo, Japan p. 3
- Carrión G. A. and Maluenda Molla.** (s.f.). *Gráfíoc de control por atributos*, Ed Megabyte. Lima. Peru.
- Chace, R. B.** (2014). *Administración de operaciones, Produccion y cadena de suministro*. Mexico D.F: Interamericana Editores S:A. de C.V.
- Escobedo, M. O.** (2012). *Control estadístico del proceso*, Ed Limusa, Perù,
- Gutiérrez H., & De la Vaca Salazar, R.** (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. México, D.F: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Gutiérrez, H., & De la Vaca Salazar, R.** (2009). Mexico: McGRAW-HILL.
- Mustafa, A. M.** (2012). *Cartas de control por variables*. Ed Megabyte. Lima. Peru.
- Ortega, C. S.** (2009). *Guía para la elaboración d diagramas de flujo*.
- Reyes, P.** (2002). *Manufactura delgada y Seis Sigma en empresas Mexicanas: experiencias y reflexiones*. Contaduria y Administración, 61.
- Daza.. J.** (2006), “*Estadística aplicada*”, Ed Megabyte. Lima. Peru. 44
- Harrintogton, J.,** (1994) “ *Mejoramiento de os procesos de la empresa*”, Ed Limusa, Perù, pp35-36
- Karlins, D.,** (2005), “*Manual del Ingeniero Industrial de Maynard*”, Ed McGrawhill, Mexico. pp.682-687
- Pazmiño, I.,** (1997), “*Metodología de la Investigación Científica*”, Imprenta Mariscal, Quito – Ecuador. pp. 42,43
- Wortman, B.,** (2007), “*the Six Sigma Black Belt Premier*”, Quality Council of indiana (QCI), piv - 55
- Kim, P.,** (2005), *Six Sigma For The Next millennium*, ASQ Quality Press, Milwaukee, wisconsin, p.3
- Park-Sung H.,** *Six Sigma for Quality and Productivity Promitiòn*, Asian Productivity Organización, primera edición , Tokyo, Japan p. 3
- Pineda, G.,** (2009) “ *Manufactura Esbelta*”, [http://www.slideshare.net/manufactura esbelta-presentation](http://www.slideshare.net/manufactura_esbelta-presentation).
- Quesada, G.,** (2008) “*Concepto Seis Sigma*”, <http://grupokaizen.com>

**ANEXO A: Encuesta de calidad del proceso.**

<b>DIAGRAMA:</b> Encuesta aplicada a los trabajadores de CORPORACIÓN MEGABUSS	<b>FECHA:</b> 2016-06-25
<b>ELABORADO POR:</b> Luis Patricio Tierra	

**1. ¿Existen productos defectuosos del proceso anterior?**

Algunas veces

Rara vez

Nunca

**2. ¿Le han reclamado a usted por errores en el proceso de fabricación?**

Si

No

A veces

**3. Los errores en los puestos de trabajo se pueden dar debido a:**

Distracción

Falta de herramientas adecuadas

Ambiente de trabajo

**4. ¿Con qué frecuencia se realizan reprocesos?**

Algunas veces

Rara vez

Nunca

**5. ¿Las máquinas y herramientas están disponibles para ser utilizadas cuando son requeridas?**

Siempre

Casi siempre

Rara vez

**6. ¿Por cuál de los siguientes aspectos le dan incentivos?**

Calidad del producto

Volumen de producción

Optimización de la materia prima

Otro motivo

No se dan incentivos

**7. ¿Dispone de órdenes de trabajo o instrucciones para la ejecución de sus tareas?**

Si

No

Anexo B: Guía de observación para los DPMO y nivel SIGMA

**GUIA DE OBSERVACIÓN PARA LOS DPMO Y NIVEL DE SIGMA**

**Calcular el nivel sigma del proceso.  
Caso 1: Para productos Conformes/No conformes**

1. Número de unidades procesadas	<b>N=</b>	<b>368</b>
2. Porcentaje de posibilidades de encontrar el defecto	<b>O=</b>	<b>100%</b>
3. Numero de defectos detectados	<b>D=</b>	<b>114</b>
4. Porcentaje de Defectos	$DPU = D / (N \times O)$	<b>31,0%</b>
5. Productividad (Rto. del proceso)	$= (1 - DPU) \times 100$	<b>69,0%</b>
6.	<b>Nivel sigma del proceso =</b>	<b>2,00</b>

**Datos a introducir**

1. **Número de unidades procesadas:** Número de unidades que se ha procesado en el periodo estudiado.
2. **Porcentaje de posibilidades de encontrar el defecto:** Porcentaje de productos que se han medido o verificado para detectar si son conformes o no *(si verifican todos los productos, introducir O=100%)*.
3. **Numero de defectos detectados** en las mediciones o verificaciones que se han hecho.

**Resultados**

4. El **Porcentaje de defectos** (o Defectos por Unidad, DPU) nos indica las probabilidades de que el producto salga defectuoso.
5. **Productividad (o Rendimiento del proceso)**, nos marca las probabilidades de que el producto salga conforme.
6. **Nivel de calidad sigma del proceso** Te dice el numero de desviaciones típicas que tu proceso puede aceptar para que tu producto sea conforme.

NIVEL EN SIGMA	DPMO	RENDIMIENTO
6	3.40	99.9997 %
5	233.00	99.98 %
4	6.210,00	99.3 %
3	66.807,00	93.3 %
2	308.537,00	69.15 %
1	690.000,00	30.85 %
0	933.200,00	6.68 %

**Nota:** No confundir el nivel sigma del proceso con la desviación típica (S).  
  
Hay en muchos sitios donde designan a la desviación típica (o estándar) con la letra sigma, por eso hay que recalcar que no son lo mismo.

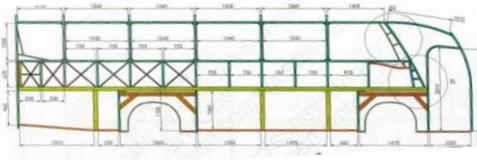
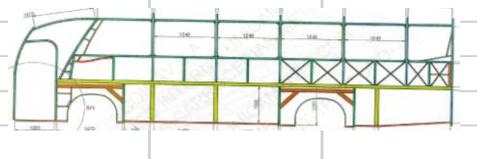
**ANEXO C: Tabla de datos**

		<b>ESTUDIO DE CAMPO PARA DETERMINAR LAS UNIDADES DEFECTUOSAS EN LA CONFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS</b>								
		<b>MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE ESTRUCTURADO</b>								
<b>SUPLEX: Es un elemento que da la altura de las bodegas y que soporta directamente el peso de la carrocería, constan de 8 fijos y 5 falsos</b>										
Operación	Imagen	N° de elementos	Defectos (en longitud mm)							Observación
			M1=2500	M2=1040	M3=800	M4=375	M5=645	M6=650	M7=100	
CORTE Y MEDICIÓN		1	2500	1047	812	378	650	654	97	Todas las mediadas seran respetadas con una tolerancia de +/- 5mm
		2	2494	1041	804	379	649	648	106	
		3	2507	1044	809	379	651			
		4	2500	1046	806	384	655			
		5	2502	2034	809	369	639			
		6	2507	1041		369	634			
		7	2501	1046			638			
		8		1043			647			
		9		1047			647			
		10		1045			649			
		11					654			
		12					637			
		13					646			
		14					848			
			<b>Total de medidas</b>		7	14	6	7	14	
	<b>Total de defectos</b>		3	5	4	3	7	0	1	<b>Σ=23</b>
Operación	Imagen	N° de elementos	Defectos (en longitud mm)					Observación		
			M1=2500	M2=1300	M3=1140	M4=1810	M5=880			
CORTE Y MEDICIÓN TR60X40X3		1	2500	1310	1142	1800	874		Todas las mediadas seran respetadas con una tolerancia de +/- 5mm	
		2	2509	1302	1148	1801	879			
		3	2494			1809	885			
		4	2490			1811				
		5	2507							
			<b>Total de medidas</b>		5	2	2	4		3
	<b>Total de defectos</b>		4	1	1	2	1		<b>Σ=9</b>	

**ESTUDIO DE CAMPO PARA DETERMINAR LAS UNIDADES DEFECTUOSAS EN LA CONFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS**

**MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE ESTRUCTURADO**

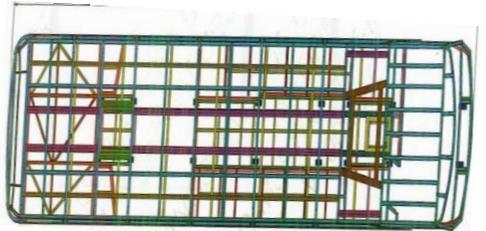
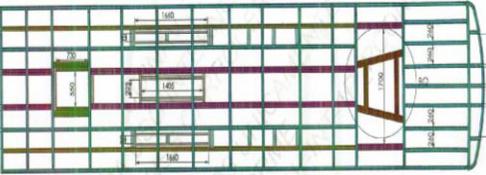
**LATERALES:** Es un elemento que da la altura de las bodegas y que soporta directamente el peso de la carrocería, constan de 8 fijos y 5 falsos

PROCESO	Imagen	Cantidad	Defectos (en longitud mm)								Observación	
			M1=1115	M2=1560	M3=670	M4=2965	M5=1800	M6=1100	M7=2700	M8=1850		
CORTE Y MEDICIÓN TC 59X2,5		1	1121	1567	674	2973	1809	1109	2704	1708	Todas las mediadas seran respetadas con una tolerancia de +/- 5mm	
		2	1117	1564	676	2974	1795	1106	2710	1706		
		3	1118	1567	668			1104				
		4	1120	1562	665			1112				
		5		1569	664			1095				
		6		1557	676			1093				
		7		1566	670							
		8		1563	675							
		9			671							
		10			676							
		11			678							
		12			672							
		13			674							
		14			676							
		<b>Total de medidas</b>		4	8	14	2	2	6	2	2	<b>Σ=40</b>
	<b>Total de defectos</b>		1	3	6	2	1	4	2	2	<b>Σ=21</b>	
PROCESO	Imagen	Defectos (en longitud mm)								Observación		
CORTE Y MEDICIÓN TC 59X2,5		1	M1=1000	M2=850	M3=10000	M4=1860	M5=1670	M6=2430	M7=3885	M7=1700	Todas las mediadas seran respetadas con una tolerancia de +/- 5mm	
		2	1010	856	9995	1850	1678	2441	3892	1708		
		3	1009	854	10013	1849	1674	1439	3884	1706		
		4	1007	846								
		5	994	847								
		6	996									
		7	999									
		8	1006									
		<b>Total de medidas</b>		8	5	2	2	2	2	2	2	<b>Σ=25</b>
		<b>Total de defectos</b>		5	1	1	2	1	2	0	2	<b>Σ=14</b>

**ESTUDIO DE CAMPO PARA DETERMINAR LAS UNIDADES DEFECTUOSAS EN LA CONFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS**

**MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE ESTRUCTURADO**

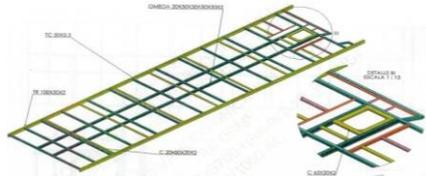
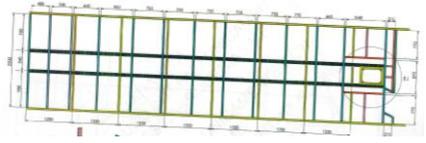
**Piso:** Es un elemento que da la altura de las bodegas y que soporta directamente el peso de la carrocería, constan de 8 fijos y 5 falsos

Material	Imagen	Cantidad	Defectos ( en longitud mm)								Observación
			M1=535	M2=530	M3=800	M4=710	M5=755	M6=755	M7=755	M8=520	
C20x50x20x2 galvanizado 50*50*2,0 ASTM A500 Acero		1	529	528	808	705	750	758	756	518	Todas las mediadas seran respetadas con una tolerancia de +/- 5mm
		2	536	524	806	711	753	748	758	515	
		3	533	532	811	716	758	761	749	518	
		4	528	536	798	704	761	760	755	522	
		5	539	527	796	717	763	759	756	527	
		6	532	522	802	703	766	757	749	522	
		7					761	753	761		
		8					763	762	759		
		9					756	761	748		
		10					759	758	756		
		11					752	749	760		
		12					754	753	761		
		<b>Total de medidas</b>		6	6	6	6	12	12	12	6
	<b>Total de defectos</b>		2	3	3	4	5	5	3	1	<b>Σ=26</b>
Material	Imagen	Defectos ( en longitud mm)								Observación	
		1	M9=1040	M10=1325	M11=245	M12=225	M13=430	M14=90	M15=245		
		2	1042	1320	243	223	426	89	240	Todas las mediadas seran respetadas con una tolerancia de +/- 5mm	
		3	1038	1318	240	224	328	87	239		
		4		1329	239		432				
		5		1330	247						
		6		1329	245						
		7		1331	248						
		8			238						
		<b>Total de medidas</b>		2	7	8	2	3	2		2
	<b>Total de defectos</b>		0	2	1	0	0	0	1	<b>Σ=4</b>	

**ESTUDIO DE CAMPO PARA DETERMINAR LAS UNIDADES DEFECTUOSAS EN LA CONFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS**

**MUESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE ESTRUCTURADO**

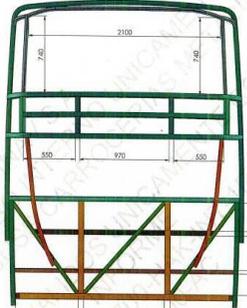
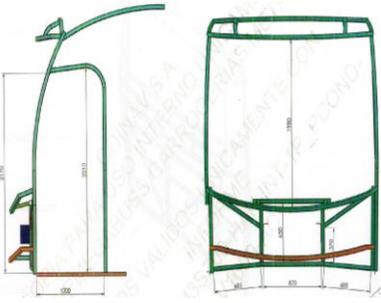
**PISO:**

PROCESO	Imagen	Cantidad	Defectos (en longitud mm)								Observación
			M1=955	M2=770	M3=1040	M4=490	M5=210	M6=1705	M7=495	M8=540	
<b>MEDICIÓN Y CORTE</b> TIPO DE MATERIAL C20x50x20x2 galvanizado 50*50*2,0 ASTM A500 Acero		1	950	764	1045	495	208	1700	490	536	Todas las mediadas serán respetadas con una tolerancia de +/- 5mm
		2	953	773	1047	493	204	1702	490	544	
		3	950	773	1038	487	209				
		4	948	768	1042	491	215				
		5	957			486					
		6	956			493					
		7	960			498					
		8	961			496					
		9	959			491					
		10	949								
		11	953								
		12	950								
		13									
		14									
		<b>Total de medidas</b>		12	4	4	9	4	2	2	2
	<b>Total de defectos</b>		3	0	1	2	1	0	0	0	<b>Σ=7</b>
PROCESO	Imagen	Defectos (en longitud mm)								Observación	
		1	M9=660	M10=850	M11=755	M12=665	M13=755				
		2	655	847	759	660	756				Todas las mediadas serán respetadas con una tolerancia de +/- 5mm
		3	663	853	756	666	764				
		4			749		761				
		5			751		749				
		6			760						
		7			762						
		8			760						
			<b>Total de medidas</b>		2	2	8	2	4		
	<b>Total de defectos</b>		0	0	2	0	3			<b>Σ=5</b>	

**ESTUDIO DE CAMPO PARA DETERMINAR LAS UNIDADES DEFECTUOSAS EN LA CONFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS**

**MESTREO REALIZADO PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE ESTRUCTURADO**

**PISO:**

PROCESO	Imagen	Cantidad	Defectos ( en longitud mm)							Observacion	
			M1=2300	M2=2500	M3=2600	M4=750	M5=870	M6=1980	M7=650		M8=370
<b>MEDICIÓN Y CORTE</b> TIPO DE MATERIAL C20x50x20x2 galvanizado 50*50*2,0 ASTM A500 Acero		1	2339	2508	2604	759	876	1987	654	374	Todas las medias seran respetadas con una tolerancia de +/- 5mm
		2		2497				1985	657	371	
		3						1984	654		
		4						1979			
		5						1983			
		6									
		7									
		8									
		9									
		10									
	<b>Total de medidas</b>			1	2	1	1	1	5	3	2
<b>Total de defectos</b>			1	1	0	1	1	1	1	0	$\Sigma=6$
PROCESO	Imagen	Defectos ( en longitud mm)							Observación		
<b>MEDICIÓN Y CORTE</b> TIPO DE MATERIAL C20x50x20x2 galvanizado 50*50*2,0 ASTM A500 Acero		1	M9=685	M10=870	M11=400	M12=360	M13=260				Todas las medias seran respetadas con una tolerancia de +/- 5mm
		2	690	864	406	362	266				
		3	686	872	403	364	257				
		4				361					
		5									
		6									
		7									
		8									
		9									
		10									
	<b>Total de medidas</b>			2	2	2	3	2			$\Sigma=11$
<b>Total de defectos</b>			0	1	1	0	1			$\Sigma=3$	

**ESTUDIO DE CAMPO PARA DETERMINAR LAS UNIDADES DEFECTUOSAS EN LA CONFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS**

**POSTERIOR:** La parte posterior o trasera se elabora con la metodología espejo la misma que consiste en tomar un eje exactamente en la mitad, tomando como referencia dicho punto se copian las mediadas desde ese lado al otro desde la misma forma se verifican las medidas.

PROCESO	Imagen	Cantidad	Defectos ( en longitud mm)								Observación
			M1=740	M2=550	M3=2100	M40=2315	M5=885	M6=665	M7=450	M8=200	
<b>MEDICIÓN Y CORTE</b> TIPO DE MATERIAL C20x50x20x2 galvanizado 50*50*2,0 ASTM A500 Acero		1	742	551	2104	2318	884	662	452	202	Todas las mediadas seran respetadas con una tolerancia de +/- 5mm
		2	739	547		2314	886	667	452	201	
		3				2309		663		198	
		4				2312		661		199	
		5				2316					
		6				2314					
		7									
		8									
		9									
		10									
		<b>Total de medidas</b>		2	2	1	6	2	4	2	4
	<b>Total de defectos</b>					1		1			$\Sigma=2$
PROCESO	Imagen	Defectos ( en longitud mm)								Observación	
<b>MEDICIÓN Y CORTE</b> TIPO DE MATERIAL C20x50x20x2 galvanizado 50*50*2,0 ASTM A500 Acero		1	M9=685	M10=870	M11=400	M12=360	M13=260				Todas las mediadas seran respetadas con una tolerancia de +/- 5mm
		2	690	877	398	365	265				
		3	691	872	394	357	264				
		4	693				261				
		5					260				
		6									
		7									
		8									
		9									
		10									
		<b>Total de medidas</b>		3	2	2	2	4			$\Sigma=13$
	<b>Total de defectos</b>		2	1	1	0	0			$\Sigma=4$	

**Anexo D: Criterios de evaluación para PFMEA**

**CRITERIO DE EVALUACIÓN DE SEVERIDAD SUGERIDO PARA PFMEA**

Esta calificación resulta cuando un modo de falla potencial resulta en un defecto con un cliente final y/o una planta de manufactura / ensamble. El cliente final debe ser siempre considerado primero. Si ocurren ambos, use la mayor de las dos severidades			
Efecto	Efecto en el cliente	Efecto en Manufactura /Ensamble	Calif
Peligroso sin aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, sin aviso	Puede exponer al peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso	10
Peligroso con aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, con aviso	Puede exponer al peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso	9
Muy alto	El producto / item es inoperable ( pérdida de la función primaria)	El 100% del producto puede tener que ser desechado op reparado con un tiempo o costo infinitamente mayor	8
Alto	El producto / item es operable pero con un reducido nivel de desempeño. Cliente muy insatisfecho	El producto tiene que ser seleccionado y un parte desechada o reparada en un tiempo y costo muy alto	7
Moderado	Producto / item operable, pero un item de confort/conveniencia es inoperable. Cliente insatisfecho	Una parte del producto puede tener que ser desechado sin selección o reparado con un tiempo y costo alto	6
Bajo	Producto / item operable, pero un item de confort/conveniencia son operables a niveles de desempeño bajos	El 100% del producto puede tener que ser retrabajado o reparado fuera de línea pero no necesariamente va al área de retrabajo .	5
Muy bajo	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinidos. Defecto notado por el 75% de los clientes	El producto puede tener que ser seleccionado, sin desecho, y una parte retrabajada	4
Menor	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinidos. Defecto notado por el 50% de los clientes	El producto puede tener que ser retrabajada, sin desecho, en línea, pero fuera de la estación	3
Muy menor	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos, y rechinidos. Defecto notado por clientes muy críticos (menos del 25%)	El producto puede tener que ser retrabajado, sin desecho en la línea, en la estación	2
Ninguno	Sin efecto perceptible	Ligero inconveniente para la operación u operador, o sin efecto	1

Anexo E: Criterios para evaluación de ocurrencia

**CRITERIO DE EVALUACIÓN DE OCURRENCIA SUGERIDO PARA PFMEA**

<b>Probabilidad</b>	<b>Índices Posibles de falla</b>	<b>Ppk</b>	<b>Calif.</b>
Muy alta: Fallas persistentes	≥100 por mil piezas	< 0.55	10
	50 por mil piezas	> 0.55	9
Alta: Fallas frecuentes	20 por mil piezas	> 0.78	8
	10 por mil piezas	> 0.86	7
Moderada: Fallas ocasionales	5 por mil piezas	> 0.94	6
	2 por mil piezas	> 1.00	5
	1 por mil piezas	> 1.10	4
Baja : Relativamente pocas fallas	0.5 por mil piezas	> 1.20	3
	0.1 por mil piezas	> 1.30	2
Remota: La falla es improbable	< 0.01 por mil piezas	> 1.67	1

Anexo F: Tablas de severidad, ocurrencia y detección

**CRITERIO DE EVALUACIÓN DE DETECCIÓN SUGERIDO PARA AMEFP**

Detección	Criterio	Tipos de Inspección			Métodos de seguridad de Rangos de Detección	Calif
		A	B	C		
Casi imposible	Certeza absoluta de no detección			X	No se puede detectar o no es verificada	10
Muy remota	Los controles probablemente no detectarán			X	El control es logrado solamente con verificaciones indirectas o al azar	9
Remota	Los controles tienen poca oportunidad de detección			X	El control es logrado solamente con inspección visual	8
Muy baja	Los controles tienen poca oportunidad de detección			X	El control es logrado solamente con doble inspección visual	7
Baja	Los controles pueden detectar		X	X	El control es logrado con métodos gráficos con el CEP	6
Moderada	Los controles pueden detectar		X		El control se basa en mediciones por variables después de que las partes dejan la estación, o en dispositivos Pasa NO pasa realizado en el 100% de las partes después de que las partes han dejado la estación	5
Moderadamente Alta	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar	X	X		Detección de error en operaciones subsiguientes, o medición realizada en el ajuste y verificación de primera pieza ( solo para causas de ajuste)	4
Alta	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar	X	X		Detección del error en la estación o detección del error en operaciones subsiguientes por filtros múltiples de aceptación: suministro, instalación, verificación. No puede aceptar parte discrepante	3
Muy Alta	Controles casi seguros para detectar	X	X		Detección del error en la estación (medición automática con dispositivo de paro automático). No puede pasar la parte discrepante	2
Muy Alta	Controles seguros para detectar	X			No se pueden hacer partes discrepantes porque el ítem ha pasado a prueba de errores dado el diseño del proceso/producto	1
Tipos de inspección: A) A prueba de error B) Medición automatizada C) Inspección visual/manual						



**Anexo H: DPMO y nivel sigma para la situación actual de la fabricación de estructuras**

**TABLA 5-6** Tasa de no conformidades y capacidad del proceso, cuando el proceso está  $\pm 1.5\sigma$  descentrado

LÍMITE DE ESPECIFICACIÓN	PORCENTAJE DE CONFORMIDAD	TASA DE NO CONFORMIDADES (PPM)	CAPACIDAD DEL PROCESO ( $C_{pk}$ )
$\pm 1\sigma$	30.23	697,700	-0.167
$\pm 2\sigma$	69.13	308,700	0.167
$\pm 3\sigma$	93.32	66,810	0.500
$\pm 4\sigma$	99.3790	6,210	0.834
$\pm 5\sigma$	99.97670	2,330	1.167
$\pm 6\sigma$	99.9996600	3.4	1.500

GRÁFICAS DE CONTROL PARA VARIABLES 231

D. H. Besterfield, “Gráficas de Control para Variables” in *Control de Calidad*, Octava ed., Ed. México: Pearson Educación, 2009. ch.5, p.190.

**Observación:** el nivel de sigma de los procesos actuales corresponde a  $3,56\sigma$  al mismo que le corresponde un DPMO de 35002, que equivale a un  $cp = 1,10$

Anexo I: DPMO y nivel sigma para la situación actual de la fabricación de estructuras

**Short Term Sigma Conversion Table**

DPMO	Sigma Short Term ( $Z_{1\sigma}$ )	Sigma Long Term ( $Z_{1\sigma}$ )	Yield	Cp
2	6.00	4.50	99.999660	2.00
5	5.90	4.40	99.999540	1.97
9	5.80	4.30	99.999150	1.93
13	5.70	4.20	99.998700	1.90
21	5.60	4.10	99.997900	1.87
32	5.50	4.00	99.996800	1.83
48	5.40	3.90	99.995000	1.80
72	5.40	3.90	99.993000	1.77
108	5.20	3.70	99.989000	1.73
159	5.10	3.60	99.984000	1.70
233	5.00	3.50	99.980000	1.67
337	4.90	3.40	99.970000	1.63
483	4.80	3.30	99.950000	1.60
687	4.70	3.20	99.930000	1.57
968	4.60	3.10	99.900000	1.53
1,350	4.50	3.00	99.870000	1.50
1,866	4.40	2.90	99.810000	1.47
2,555	4.30	2.80	99.740000	1.43
3,467	4.20	2.70	99.650000	1.40
4,661	4.10	2.60	99.500000	1.37
6,210	4.00	2.50	99.400000	1.33
8,198	3.90	2.40	99.200000	1.30
10,724	3.80	2.30	99.900000	1.27
13,903	3.70	2.20	98.600000	1.23
17,864	3.60	2.10	98.200000	1.20
22,750	3.50	2.00	97.700000	1.17
28,716	3.40	1.90	97.100000	1.13
35,930	3.30	1.80	96.400000	1.10
44,585	3.20	1.70	95.500000	1.07
54,799	3.10	1.60	94.500000	1.03
66,807	3.00	1.50	93.300000	1.00
80,757	2.90	1.40	91.900000	0.97
96,801	2.80	1.30	90.300000	0.93
115,070	2.70	1.20	88.500000	0.90
135,666	2.60	1.10	86.400000	0.87
158,656	2.50	1.00	84.100000	0.83
184,060	2.40	0.90	81.600000	0.80
211,856	2.30	0.80	78.800000	0.77
241,964	2.20	0.70	75.800000	0.73
274,253	2.10	0.60	72.600000	0.70
308,538	2.00	0.50	69.100000	0.67
344,678	1.90	0.40	65.500000	0.63
382,089	1.80	0.30	61.800000	0.60
420,740	1.70	0.20	57.900000	0.57
460,172	1.60	0.10	54.000000	0.53
500,000	1.50	0.00	50.000000	0.50
539,828	1.40	-0.10	46.000000	0.47
579,260	1.30	-0.20	42.100000	0.43
617,911	1.20	-0.30	38.200000	0.40
655,422	1.10	-0.40	34.500000	0.37
691,462	1.00	-0.50	30.900000	0.33
725,747	0.90	-0.60	27.400000	0.30
758,036	0.80	-0.70	24.200000	0.27
788,145	0.70	-0.80	21.200000	0.23
815,940	0.60	-0.90	18.400000	0.20
841,346	0.50	-1.00	15.900000	0.17
864,334	0.40	-1.10	13.600000	0.13
884,930	0.30	-1.20	11.500000	0.10
903,198	0.20	-1.30	9.700000	0.07
919,243	0.10	-1.40	8.100000	0.03
933,193	0.00	-1.50	6.700000	0.00

