



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Aplicación de Six Sigma para mejorar las características de calidad del
Proceso de Soldadura en la empresa Cromoplast S.A.C – Puente Piedra, 2018.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

Ingeniero Industrial

AUTOR:

Cristhian Duarte Pantoja

ASESOR:

Roberto Farfán Martínez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de la Seguridad y la Calidad

LIMA – PERÚ

2018

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don Cristhian Duarte Pantoja, cuyo título es: **“Aplicación de Six Sigma para mejorar las características de calidad del Proceso de Soldadura en la empresa Cromoplast S.A.C – Puente Piedra, 2018.”**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **12 (doce)**.

Lima, San Juan de Lurigancho, **12 de diciembre del 2018**



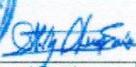
.....
DR. ROBERT JULIO CONTRERAS RIVERA
 PRESIDENTE



.....
DR. JAVIER F. PANTA SALAZAR
 SECRETARIO



.....
MG. ROMEL DARIO BAZAN ROBLES
 VOCAL

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|---------------------|--------|---------------------------------|
| Elabora | Dirección de Investigación | Revisó | Responsable del SGC | Aproba | Vicerrectorado de Investigación |
|---------|----------------------------|--------|---------------------|--------|---------------------------------|




Dedicatoria

A Dios, por poner a las personas indicadas en mi vida. A mis padres por costearme la carrera. A mi novia por ayudarme a creer que puedo superar lo que sea.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento en primer lugar a la empresa Cromoplast S.A.C. por haberme permitido realizar el trabajo de investigación en sus instalaciones y brindarme todas las facilidades del caso.

Al asesor Mg. Farfán Martínez, Roberto por el apoyo brindado durante el desarrollo de la presente investigación.

A mis familiares, colegas y seres queridos por su ánimo incondicional en todo momento.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Cristhian Duarte Pantoja con DNI N° 73646573, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 2018



Duarte Pantoja, Cristhian

D.N.I.: 73646573

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la Tesis titulada “Aplicación de Six Sigma para mejora de las características de calidad del Proceso de Soldadura en la empresa Cromoplast S.A.C – Puente Piedra, 2018.”, la cual contempla siete capítulos:

Capítulo I: Introducción, en el que se describen las bases teóricas que serán usadas para dar solución a la problemática, indicando la justificación del estudio, su problema, hipótesis y objetivos que se persiguen.

Capítulo II: Método, hace referencia al método, diseño, variables, población y muestra, al igual que las técnicas e instrumentos utilizados y los métodos de tratamiento de datos.

Capítulo III: Resultados, En este se desarrolló la metodología DMAIC, el cual hace referencia a la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar por sus siglas en Ingles) del Six Sigma la cal se siguió para dar solución a la problemática. Además, contempla el resultado de los objetivos, para lo cual se realizó un análisis descriptivo y otro inferencial.

Capítulo IV: Discusión, presenta la comparación entre esta investigación y los antecedentes consultados.

Capítulo V: Conclusiones, contempla las conclusiones de cada objetivo.

Capítulo VI: Recomendaciones, presenta las recomendaciones pertinentes de acuerdo al estudio.

Esta investigación ha sido elaborada en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial. Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Duarte Pantoja, Cristhian

ÍNDICE

| | Pág. |
|---|------|
| Página del jurado | II |
| Dedicatoria | III |
| Agradecimiento | IV |
| Declaración de autenticidad | V |
| Presentación | VI |
| Resumen | XIV |
| Abstract | XV |
| I. INTRODUCCIÓN | 16 |
| 1.1. Realidad problemática | 17 |
| 1.2. Trabajos previos | 20 |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema | 25 |
| 1.4. Formulación del problema | 36 |
| 1.4.1 Problema general | 36 |
| 1.4.2 Problemas específicos | 36 |
| 1.5. Justificación del estudio | 37 |
| 1.5.1 Justificación practica | 37 |
| 1.5.2 Justificación metodológica | 37 |
| 1.6. Hipótesis | 38 |
| 1.6.1 Hipótesis general | 38 |
| 1.6.2 Hipótesis específicas | 38 |
| 1.7. Objetivos | 38 |
| 1.7.1 Objetivo general | 38 |
| 1.7.2 Objetivos específicos | 38 |
| II. MÉTODO | 40 |
| 2.1. Diseño de investigación | 41 |
| 2.2. Variables, Operacionalización | 41 |
| 2.2.1 Variable independiente cuantitativa | 41 |
| 2.2.2 Variable Dependiente cuantitativa | 41 |
| 2.3. Población y muestra | 43 |

| | |
|--|----|
| 2.3.1 Población | 43 |
| 2.3.2 Muestra | 43 |
| 2.3.3 Muestreo | 43 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad | 43 |
| 2.4.1 Técnicas | 43 |
| 2.4.2 Instrumentos | 44 |
| 2.4.3 Validez | 44 |
| 2.4.4 Confiabilidad | 44 |
| 2.5. Métodos de análisis de datos | 45 |
| 2.5.1 Estadística descriptiva | 45 |
| 2.5.2 Estadística inferencial | 45 |
| 2.6. Aspectos éticos | 46 |
| III. RESULTADOS | 47 |
| 3.1 Empresa | 48 |
| 3.1.1 Definir | 48 |
| 3.1.1.1 Situación actual | 48 |
| 3.1.1.2 Misión | 48 |
| 3.1.1.3 Visión | 49 |
| 3.1.1.4 Política de calidad | 49 |
| 3.1.1.5 Project charter | 52 |
| 3.2 Resultados obtenidos, antes de empezar la intervención sobre la variable independiente | 57 |
| 3.2.1 Medir | 57 |
| 3.2.1.1 Variable independiente: Six Sigma | 57 |
| 3.2.1.2 Variable dependiente: Características de calidad | 65 |
| 3.2.2 Prueba de normalidad en el pre test | 69 |

| | |
|--|-----|
| 3.2.2.1 Prueba de normalidad de la Hipótesis General en el pre test | 69 |
| 3.2.2.2 Prueba de normalidad de la Hipótesis específica 1 en el pre test | 70 |
| 3.2.2.3 Prueba de normalidad de la Hipótesis específica 2 en el pre test | 70 |
| 3.2.2.4 Prueba de normalidad de la Hipótesis específica 3 en el pre test | 71 |
| 3.3 Intervención | 72 |
| 3.3.1 Analizar | 72 |
| 3.3.2 Mejorar | 80 |
| 3.4 Resultados obtenidos, después de la intervención sobre la variable independiente | 94 |
| 3.4.1 Controlar | 94 |
| 3.4.1.1 Variable independiente: Six Sigma | 94 |
| 3.4.1.2 Variable dependiente: Características de calidad | 100 |
| 3.4.2 Prueba de normalidad en el pos test | 109 |
| 3.4.2.1 Prueba de normalidad de la Hipótesis General en el pos test | 109 |
| 3.4.2.2 Prueba de normalidad de la Hipótesis específica 1 en el pos test | 109 |
| 3.4.2.3 Prueba de normalidad de la Hipótesis específica 2 en el pos test | 110 |
| 3.4.2.4 Prueba de normalidad de la Hipótesis específica 3 en el pos test | 111 |
| 3.5 Análisis descriptivo | 111 |
| 3.6 Prueba de Hipótesis | 114 |
| 3.6.1 Prueba de Hipótesis General | 114 |
| 3.6.2 Prueba de Hipótesis específica 1 | 116 |
| 3.6.3 Prueba de Hipótesis específica 2 | 117 |
| 3.6.4 Prueba de Hipótesis específica 3 | 118 |
| IV. DISCUSIÓN | 120 |
| V. CONCLUSIONES | 124 |
| VI. RECOMENDACIONES | 126 |
| REFERENCIAS | 128 |
| ANEXOS | 134 |

A. ANEXO DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Diagrama de Ishikawa sobre problemática del Proceso de soldadura de la empresa Cromoplast S.A.C, 2018. | 135 |
| Figura 2. Diagrama de Pareto sobre problemática del proceso de soldadura de la empresa Cromoplast SAC, 2018. | 135 |
| Figura 3. Organigrama de la empresa Cromoplast SAC, 2018. | 136 |
| Figura 4. DOP del proceso de metalmecánica de la empresa Cromoplast SAC, 2018. | 137 |
| Figura 5. Carta de Control U para defectos de Fusión incompleta en etapa Medir. | 138 |
| Figura 6. Carta de Control U para defectos de Rebaba en etapa Medir. | 138 |
| Figura 7: Entrevista. | 139 |
| Figura 8: Parámetros para soldadura de punto. | 140 |
| Figura 9. Pre control soldado de marco. | 140 |
| Figura 10. Pre control soldado de varilla central. | 141 |
| Figura 11. Máquina soldadura de marco de Cromoplast S.A.C. | 141 |
| Figura 12. Máquina de soldado de varilla central de Cromoplast S.A.C. | 142 |
| Figura 13. Máquinas de soldadura de marco y de varilla central con sus pre- controles. | 142 |
| Figura 14. Pre control de soldadura de rejilla. | 143 |
| Figura 15. Máquina de soldado de rejilla de Cromoplast SAC. | 143 |
| Figura 16. Máquina de soldado de rejilla de Cromoplast SAC con sus pre- controles. | 144 |
| Figura 17. Pre control de soldadura de varilla jaladora y accesorios. | 144 |
| Figura 18. Máquina de soldado de varilla jaladora y accesorios. | 145 |
| Figura 19. Máquina de soldadura de varilla jaladora y accesorios con su pre- control. | 145 |
| Figura 20. Registro de inspección de producto terminado aplicado. | 146 |
| Figura 21. Armario de Metalmecánica con caja de repuestos. | 146 |
| Figura 22. Soldadora de marco con electrodos gastados. | 147 |
| Figura 23. Soldadora de marco con electrodos nuevos. | 147 |
| Figura 24. Soldadora de rejillas con electrodo inferior gastado. | 148 |
| Figura 25. Soldadora de rejillas con electrodo inferior nuevo. | 148 |
| Figura 26. Carta de Control U para defectos de Fusión incompleta en etapa Controlar. | 148 |
| Figura 27. Carta de Control U para defectos de Rebaba en etapa Controlar. | 149 |
| Figura 28. Registro de calibración de máquinas y equipos. | 150 |
| Figura 29. Registro de cumplimiento de inspección según pre controles. | 151 |
| Figura 30. Registro de cumplimiento de inspección de producto terminado. | 152 |

| | |
|---|-----|
| Figura 31. Registro de cumplimiento de mantenimiento preventivo. | 153 |
| Figura 32. Kardex FIFO-Físico de repuestos para maquinas soldadoras Registro de cumplimiento de mantenimiento preventivo. | 154 |
| Figura 33. Características de Calidad-Nivel Sigma antes y después. | 155 |
| Figura 34. DPU antes y después. | 155 |
| Figura 35. DPO antes y después. | 155 |
| Figura 36. DPMO antes y después. | 156 |
| Figura 37. Certificado de validez del contenido del instrumento de la variable independiente 1. | 157 |
| Figura 38. Certificado de validez del contenido del instrumento de la variable dependiente 1. | 158 |
| Figura 39. Certificado de validez del contenido del instrumento de la variable independiente 2. | 159 |
| Figura 40. Certificado de validez del contenido del instrumento de la variable dependiente 2. | 160 |
| Figura 41. Certificado de validez del contenido del instrumento de la variable independiente 3. | 161 |
| Figura 42. Certificado de validez del contenido del instrumento de la variable dependiente 3. | 162 |

B. ANEXO DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Operacionalización de variables | 163 |
| Tabla 2. Instrumento de Medición de la variable Six Sigma | 164 |
| Tabla 3. Instrumento de Medición de la variable Características de calidad | 165 |
| Tabla 4. Project Charter | 166 |
| Tabla 5. Venta e importe de Productos de la empresa Cromoplast SAC | 172 |
| Tabla 6. Programación de producción para el mes de junio del 2018 de anaqueles modelo telescópica L60 | 172 |
| Tabla 7. Programación de producción para el mes de julio del 2018 de anaqueles modelo telescópica L60 | 173 |
| Tabla 8. Single sampling plan for normal inspection, ansi/asq standard z1.4-2003 | 173 |
| Tabla 9. Fijación de muestras según producción programada para junio y julio. | 174 |
| Tabla 10. AQL Chart | 174 |
| Tabla 11. Instrumento de Medición de la variable Six Sigma desarrollado en etapa medir. | 175 |
| Tabla 12. Calculo de indicador de Satisfacción del cliente en cuanto Fusión incompleta en etapa medir. | 175 |
| Tabla 13. Calculo de indicador de Satisfacción del cliente en cuanto Rebaba en etapa medir. | 175 |
| Tabla 14. Calculo de indicador de especificación superior de Fusión incompleta en etapa medir. | 176 |
| Tabla 15. Calculo de indicador de especificación superior de Rebaba en etapa medir. | 176 |
| Tabla 16. Instrumento de Medición de la variable Características de Calidad desarrollado en etapa medir. | 177 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 17. Calculo del promedio total de métricas de calidad y nivel de Sigma en etapa medir. | 187 |
| Tabla 18. Tabla de Datos para Construcción de Carta de Control U para defectos de Fusión incompleta en etapa Medir | 188 |
| Tabla 19. Tabla de Datos para Construcción de Carta de Control U para defectos de Rebaba en etapa Medir | 188 |
| Tabla 20 Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov de Características de Calidad del Proceso de Soldadura en el pre test | 189 |
| Tabla 21. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov de Defectos por Unidad en el pre test | 189 |
| Tabla 22. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov de Defectos por Oportunidad en el pre test | 189 |
| Tabla 23. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov de Defectos por Millón de Oportunidades en el pre test | 189 |
| Tabla 24. Matriz de criticidad sobre problemática del proceso Soldadura de la empresa Cromoplast S.A.C, 2018. | 190 |
| Tabla 25. Cuadro de tabulación de datos sobre problemática del proceso de soldadura de la empresa Cromoplast SAC, 2018. | 191 |
| Tabla 26. Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla. | 192 |
| Tabla 27. Determinación de puntuación de ocurrencia a partir de la frecuencia de las causas de la problemática. | 193 |
| Tabla 28. Puntuación de detección del modo de fallo | 193 |
| Tabla 29. Matriz AMEF sobre problemática del proceso Soldadura de la empresa Cromoplast S.A.C, 2018. | 194 |
| Tabla 30. Matriz AMEF sobre problemática y mejora del proceso Soldadura de la empresa Cromoplast S.A.C, 2018. | 195 |
| Tabla 31. Registro de inspección de producto terminado metalmecánica | 197 |
| Tabla 32. Cronograma de mantenimiento preventivo 2018 | 198 |
| Tabla 33. Programación de producción para el mes de septiembre del 2018 de anaqueles modelo telescópica L60 | 198 |
| Tabla 34. Programación de producción para el mes de octubre del 2018 de anaqueles modelo telescópica L60 | 199 |
| Tabla 35. Fijación de muestras según producción programada para septiembre y octubre. | 199 |
| Tabla 36. Instrumento de Medición de la variable Six Sigma desarrollado en etapa controlar. | 200 |
| Tabla 37. Calculo de indicador de Satisfacción del cliente en cuanto Fusión incompleta en etapa controlar. | 200 |
| Tabla 38. Calculo de indicador de Satisfacción del cliente en cuanto Rebaba en etapa controlar. | 200 |
| Tabla 39. Calculo de indicador de especificación superior de Fusión incompleta en etapa controlar. | 201 |
| Tabla 40. Calculo de indicador de especificación superior de Rebaba en etapa controlar. | 201 |
| Tabla 41. Instrumento de Medición de la variable Calidad desarrollado en etapa controlar. | 202 |
| Tabla 42. Calculo del promedio total de métricas de calidad y nivel de Sigma en etapa controlar | 214 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 43. Tabla de Datos para Construcción de Carta de Control U para defectos de Fusión incompleta en etapa Controlar | 214 |
| Tabla 44. Tabla de Datos para Construcción de Carta de Control U para defectos de Rebaba en etapa Controlar | 214 |
| Tabla 45 Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov de Características de Calidad del Proceso de Soldadura en el pos test | 215 |
| Tabla 46. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov de Defectos por Unidad en el pos test | 215 |
| Tabla 47. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov de Defectos por Oportunidad en el pos test | 215 |
| Tabla 48. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov de Defectos por Millón de Oportunidades en el pos test | 215 |
| Tabla 49. Estadística de muestras emparejadas-Características de Calidad del Proceso de Soldadura | 216 |
| Tabla 50. Prueba de T-student para Características de Calidad del Proceso de Soldadura | 216 |
| Tabla 51. Estadística de muestras emparejadas-Defectos por unidad del Proceso de Soldadura | 216 |
| Tabla 52. Prueba de T-student para Defectos por Unidad del Proceso de Soldadura | 216 |
| Tabla 53. Estadística de muestras emparejadas-Defectos por oportunidad del Proceso de Soldadura | 217 |
| Tabla 54. Prueba de T-student para Defectos por Oportunidad del Proceso de Soldadura | 217 |
| Tabla 55. Estadística de muestras emparejadas-Defectos por millón de oportunidades del Proceso de Soldadura | 217 |
| Tabla 56. Prueba de T-student para Defectos por Millón de Oportunidades del Proceso de Soldadura | 217 |
| Tabla 57. Resumen de productos enviados y devueltos por defectos. | 218 |
| Tabla 58. Matriz de consistencia. | 219 |

RESUMEN

La presente tesis busco determinar en qué medida la aplicación de Six Sigma afecta las características de calidad del Proceso de Soldadura de la empresa Cromoplast S.A.C en el año 2018. La población estuvo constituida por el número de anaqueles modelo L60 soldados en un periodo de dos meses y la muestra fue calculada a partir de la tabla AQL que fija la cantidad de la muestra de acuerdo al tamaño de la población y el nivel general de inspección seleccionado. Los datos fueron recogidos a través de instrumentos de observación aplicados a las muestras los cuales se titularon “Ficha N°1: Registro de productos defectuosos” y “Ficha N°2: Registro de cantidad de defectos en los productos defectuosos”. Estos se usaron para registrar los productos defectuosos y la cantidad de defectos respectivamente. A partir de los datos recolectados se calcularon los indicadores Satisfacción del cliente y capacidad del proceso de la variable independiente, así como el DPU (defectos por unidad), DPO (defectos por oportunidad) y DPMO (defectos por millón de oportunidades) de la variable dependiente. El estudio siguió la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) del Six Sigma para alcanzar sus objetivos. En definir se estableció el objetivo y lo necesario para llegar a él, así como la forma en que el éxito sería medido y toda información pertinente. Se aplicó principalmente el Project charter el cual es un acta de constitución de proyectos usada para definir el problema del proyecto, su propósito, responsable, límites, entre otros. En medir se cuantifico la magnitud del problema del proceso en cuestión a través de indicadores y métricas para determinar el éxito del proyecto. En analizar se identificaron los problemas del proceso y las causas por las que estas surgen. En mejorar se formuló e implemento soluciones que eliminen las causas raíz de la problemática. En controlar se realizaron nuevamente las mediciones hecha en Medir. Además, se formularon e implantaron medidas para asegurar que las mejoras se mantengan. Debido a la aplicación de Six Sigma, se aumentó el nivel Sigma de 0.8 a 2; probándose estadísticamente con la prueba T-student con un $p=0.000$. Con los resultados obtenidos se pudo llegar a la conclusión que la aplicación de Six Sigma afecta las características de calidad del proceso de soldadura en la empresa Cromoplast S.A.C.

Palabras clave: Six Sigma, características de calidad, Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar, Soldadura y Nivel Sigma

ABSTRACT

This thesis sought to determine to what extent the application of Six Sigma affects quality characteristics from the welding process of Cromoplast S.A.C company in the year 2018. Population was constituted by the number of L60 model shelves that were welded in a period of two months and sample was calculated from the AQL chart that sets the quantity of simple according to the size of population and general level of inspection chosen. Data was collected through observation instruments applied to the samples, which were titled “Sheet N°1: Defective products Record” and “Sheet N°2: Quantity of defects in defective products record”. These were used to register defective products and the defects quantity respectively. From the collected data, customer satisfaction and process capacity indicators from the independent variable were calculated just like DPU (defects per unit), DPO (defects per opportunity) and DPMO (defects per million opportunities) metrics from the dependent variable. The study followed DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve and control) of Six Sigma to reach its objectives. In Define, the objective and the necessary to reach it were established, as well as how success would be measured and all pertinent information. Project charter was applied mainly. This is an act of constitution projects used to define the project’s problem, its purpose, responsible, limits, among others. In Measure, the process’ problem magnitude in question was quantified through indicators and metrics to determine the project’s success. In Analyze, the process’ problems and the causes why these arise were identified. In improve, solutions to eliminate the root causes of the problematic were formulated and implemented. In control, measures made in Measure phase were made again. Also, arrangements to assure that improvements are sustained were made. Because of the application of Six Sigma, Sigma level increased from 0.8 to 2; This was statistically tested by T-student with $p=0.000$. With the obtained results, it was concluded that the application of Six Sigma affects quality characteristics from the welding process of Cromoplast S.A.C company.

Key words: Six Sigma, Quality characteristics, Define, Measure, Analyze, Improve, Control, welding, Sigma level.