

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Carrera de Ingeniería de Empresas

**Estudio de estabilidad en el proceso de galvanizado de la empresa Mapresteel
Cía. Ltda.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniera en Empresas.

Autora:

Melissa Lisbeth Gallardo Apolo

Director:

Hugo Efraín Quezada Jara

ORCID: 0009-0004-8756-4964

Cuenca, Ecuador

2023-03-08

Resumen

En la actualidad la búsqueda de un proceso estable se ha vuelto una tendencia necesaria para las empresas con el objetivo de obtener procesos más predecibles que permitan generar productos que cumplan con los requerimientos de calidad de sus clientes de manera óptima. De este modo, con el objetivo de buscar analizar la variabilidad del proceso de galvanizado se realizó un estudio de estabilidad del mismo el cual se conformará por tres etapas. La primera mediante el uso de las cartas de control $\bar{X}-R$ y cartas de control U , determinará si el proceso se encuentra en control estadístico para luego en la siguiente etapa, realizar el análisis de los índices de capacidad y observar si el proceso es capaz. Si el proceso es capaz y está en control estadístico se determinará su grado de estabilidad concluyendo así el estudio de estabilidad.

Por otra parte, en caso de no cumplir con los requerimientos necesarios para que el proceso sea estable se analizará el origen de este problema mediante la aplicación de las 5M y se generarán propuestas de mejora basados en los resultados obtenidos. De esta forma, el presente proyecto analizará el estado del proceso de galvanizado y propondrá medidas correctivas que permitan obtener un proceso menos variable, más predecible y consistente en el tiempo y que, además, permita cumplir con las especificaciones dadas ayudando así a generar productos que cumplan de mejor manera los requerimientos de calidad solicitados por sus clientes.

Palabras clave: estudio de estabilidad, capacidad, variabilidad, cartas de control

Abstract

Currently, the search for a stable process has become a necessary trend for companies with the aim of obtaining more predictable processes that allow the generation of products that optimally meet the quality requirements of their customers.

In this way, with the objective of seeking to analyze the variability of the galvanizing process, a stability study was carried out, which will consist of three stages. The first, through the use of \bar{X} bar chart, R-chart and U-chart, will determine if the process is in statistical control and then in the next stage, carry out the analysis of the capacity indices and see if the process is capable. If the process is capable and is in statistical control, its degree of stability will be determined thus concluding the stability study.

On the other hand, if the necessary requirements for the process to be stable are not met, the origin of this problem will be analyzed through the application of the 5M and improvement proposals will be generated based on the results obtained.

In this way, this project will analyze the state of the galvanizing process and propose corrective measures that allow obtaining a less variable, more predictable and consistent process over time and that, in addition, allows compliance with the given specifications, thus helping to generate products that better meet the quality requirements requested by their customers.

Keywords: stability study, capacity, variability, control charts

Índice

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Introducción..... | 14 |
| 2. | Justificación..... | 14 |
| 3. | Planteamiento del problema..... | 16 |
| 4. | Objetivos | 16 |
| 4.1 | General..... | 16 |
| 4.2 | Específico | 16 |
| 5. | Marco teórico..... | 16 |
| 5.1 | Importancia de Seis Sigma en los procesos de producción | 16 |
| 5.2 | Influencia del control estadístico de procesos y de calidad en la variabilidad y estabilidad..... | 17 |
| 5.3 | SIPOC (suppliers, input, process, outputs, customers) como herramienta de gestión de procesos | 17 |
| 5.4 | Efectos de las cartas de control en la calidad..... | 18 |
| 5.4.1 | Cartas de control X-R como herramientas para el control de variables..... | 19 |
| 5.4.2 | Cartas de control C como herramientas para controlar atributos..... | 20 |
| 5.5 | Índices de capacidad como mecanismo para analizar la capacidad de un proceso a corto plazo. | 21 |
| 5.5.1 | Índice Cp | 21 |
| 5.5.2 | Índice Cpk..... | 21 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.5.3 | Índice K..... | 22 |
| 5.5.4 | Índice Cpm | 22 |
| 6. | Diseño metodológico | 22 |
| 7. | Desarrollo del proyecto | 23 |
| 7.1 | Reseña histórica de la empresa..... | 23 |
| 7.1.1 | Historia de Mapresteel Cía. Ltda. | 23 |
| 7.1.2 | Principales productos | 24 |
| 7.2 | Situación actual proceso galvanizado | 28 |
| 7.2.2 | SIPOC del proceso | 33 |
| 7.2.3 | Layout Planta | 35 |
| 7.3 | Estudio de estabilidad | 36 |
| 7.3.1 | Pareto | 36 |
| 7.3.2 | Cartas de control | 37 |
| 7.3.3 | Índices de capacidad del proceso de galvanizado para cumplir el espesor de la capa de galvanizado. | 60 |
| 8. | Resultados del proyecto..... | 86 |
| 8.1 | Control estadístico..... | 86 |
| 8.1.1 | Variables cuantitativas | 86 |
| 8.1.2 | Variables cualitativas | 87 |
| 8.2 | Capacidad..... | 87 |
| 8.2.1 | Pieza N° 10 | 88 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 8.2.2 | Pieza N° 8 | 88 |
| 8.2.3 | Pieza N° 23 | 89 |
| 8.2.4 | Pieza N° 9 | 90 |
| 8.2.5 | Pieza N° 4 | 91 |
| 8.2.6 | Pieza N° 11 | 92 |
| 8.2.7 | Pieza N° 13 | 93 |
| 8.3 | Grado de estabilidad | 94 |
| 8.4 | Síntesis resultados | 94 |
| 8.5 | Propuesta de mejora | 98 |
| 8.5.1 | Variable cualitativa | 98 |
| 8.5.2 | Variable cuantitativa | 100 |
| 9. | Conclusiones, recomendaciones y limitaciones | 102 |
| 10. | Bibliografía..... | 105 |
| 11. | Anexo | 109 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Operaciones principales de la zona de limpieza. | 29 |
| Figura 2 Operaciones de la zona electrolítica. | 29 |
| Figura 3 Operaciones de la zona de empaquetado. | 29 |
| Figura 4 Operación de desengrase caliente. | 30 |
| Figura 5 Baldes negros donde se coloca la pieza para el decapado | 30 |
| Figura 6 Colocación de las piezas en baldes blancos para su almacenamiento. | 31 |
| Figura 7 Operación de cromatizado de las piezas. | 31 |
| Figura 8 Operación de secado de piezas. | 32 |
| Figura 9 Verificación del espesor de capa..... | 32 |
| Figura 10 Cajas con las piezas requeridas. | 33 |
| Figura 11 Gráfica X Media Pieza N° 10..... | 38 |
| Figura 12 Gráfico R Media Pieza N° 10..... | 39 |
| Figura 13 Gráfico X Media Pieza N° 8..... | 40 |
| Figura 14 Gráfico R Media Pieza N° 8 | 41 |
| Figura 15 Gráfico X Media Pieza N° 23..... | 42 |
| Figura 16 Gráfico R Media Pieza N° 23..... | 42 |
| Figura 17 Gráfico X Media Pieza N° 9..... | 44 |
| Figura 18 Gráfico R Media Pieza N° 9. | 44 |
| Figura 19 Gráfico X Media Pieza N° 4..... | 46 |
| Figura 20 Gráfico R Media Pieza N° 4. | 46 |

| | |
|---|----|
| Figura 21 Gráfico X Media Pieza N° 11..... | 48 |
| Figura 22 Gráfico R Media Pieza N° 11..... | 48 |
| Figura 23 Gráfico X Media Pieza N° 13..... | 50 |
| Figura 24 Gráfico R Media Pieza N° 13..... | 50 |
| Figura 25 Gráfico C de la pieza N° 8..... | 52 |
| Figura 26 Gráfico C de la pieza N° 23..... | 54 |
| Figura 27 Gráfico C de la pieza N° 9..... | 56 |
| Figura 28 Gráfico C de la pieza N° 4..... | 57 |
| Figura 29 Gráfico C de la pieza N° 13..... | 59 |
| Figura 30 Relación entre la media del espesor de capa y sus especificaciones de la pieza n° 10. | 61 |
| Figura 31 Relación entre la media del espesor de capa y especificaciones de la pieza N° 8. ... | 65 |
| Figura 32 Relación entre la media del espesor de capa, especificaciones y límites realza de la pieza N° 23 | 69 |
| Figura 33 Relación entre la media del espesor de capa y especificaciones de la pieza N° 9 | 73 |
| Figura 34 Relación entre la media del espesor de capa y especificaciones de la pieza N° 4. ... | 76 |
| Figura 35 Relación entre la media del espesor de capa, especificaciones y límites realza de la pieza N° 11 | 80 |
| Figura 36 Relación entre la media del espesor de capa, especificaciones y límites realza de la pieza N° 13 | 84 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Bisagras superiores fabricadas por Mapresteel Cía. Ltda..... | 24 |
| Tabla 2 Bisagras centrales fabricadas por Mapresteel Cía. Ltda..... | 25 |
| Tabla 3 Bisagras inferiores fabricadas por Mapresteel Cía. Ltda. | 26 |
| Tabla 4 Tope fabricado por Mapresteel Cía. Ltda..... | 27 |
| Tabla 5 Tipos de tuercas fabricadas por Mapresteel Cía. Ltda..... | 27 |
| Tabla 6 Pareto piezas fabricadas en el periodo junio-octubre 2022 | 36 |
| Tabla 7 Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 10 | 37 |
| Tabla 8 Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 8..... | 40 |
| Tabla 9 Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 23..... | 41 |
| Tabla 10 Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 9..... | 43 |
| Tabla 11 Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 4..... | 45 |
| Tabla 12 Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 11 | 47 |
| Tabla 13 Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 13 | 49 |
| Tabla 14 Total de defectos de la pieza N° 8..... | 51 |
| Tabla 15 Total de defectos de la pieza N° 23..... | 53 |
| Tabla 16 Total de defectos de la pieza N° 9..... | 55 |
| Tabla 17 Total de defectos de la pieza N° 4..... | 56 |
| Tabla 18 Total de defectos de la pieza N° 13..... | 58 |
| Tabla 19 Mediciones media, límites y especificaciones de la pieza N°10..... | 60 |
| Tabla 20 Especificaciones pieza N° 10 | 61 |

| | |
|--|----|
| Tabla 21 Medidas de tendencia central pieza N° 10..... | 62 |
| Tabla 22 Índices de capacidad de la pieza N° 10 | 63 |
| Tabla 23 Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 10 | 63 |
| Tabla 24 Mediciones media, límites y especificaciones de la pieza N°8..... | 64 |
| Tabla 25 Especificaciones pieza N° 8 | 65 |
| Tabla 26 Medidas de tendencia central pieza N° 8..... | 66 |
| Tabla 27 Índices de capacidad de la pieza N° 8 | 66 |
| Tabla 28 Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 8. | 67 |
| Tabla 29 Mediciones media, rango y especificaciones de la pieza N° 23 | 67 |
| Tabla 30 Especificaciones pieza N° 23 | 68 |
| Tabla 31 Medidas de tendencia central pieza N° 23..... | 69 |
| Tabla 32 Índices de capacidad de la pieza N° 23 | 70 |
| Tabla 33 Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 23 | 71 |
| Tabla 34 Mediciones media, rango y especificaciones de la pieza N°9..... | 71 |
| Tabla 35 Especificaciones pieza N° 9 | 72 |
| Tabla 36 Medidas de tendencia central pieza N° 9..... | 73 |
| Tabla 37 Índices de capacidad de la pieza N° 9 | 74 |
| Tabla 38 Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 9. | 75 |
| Tabla 39 Mediciones media, rango y especificaciones de la pieza N°4 | 75 |
| Tabla 40 Especificaciones pieza N° 4 | 76 |
| Tabla 41 Medidas de tendencia central pieza N° 4..... | 77 |

| | |
|--|----|
| Tabla 42 Índices de capacidad de la pieza N° 4 | 78 |
| Tabla 43 Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 4. | 78 |
| Tabla 44 Mediciones media, rango y especificaciones de la pieza N°11 | 79 |
| Tabla 45 Especificaciones pieza N° 11 | 79 |
| Tabla 46 Medidas de tendencia central pieza N° 11..... | 80 |
| Tabla 47 Índices de capacidad de la pieza N° 11 | 81 |
| Tabla 48 Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 11 | 82 |
| Tabla 49 Mediciones media, rango y especificaciones de la pieza N°13 | 82 |
| Tabla 50 Especificaciones pieza N° 13 | 83 |
| Tabla 51 Medidas de tendencia central pieza N° 13..... | 84 |
| Tabla 52 Índices de capacidad de la pieza N° 13 | 85 |
| Tabla 53 Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 13 | 86 |

Agradecimiento

Mi gratitud infinita a Dios, por haberme guiado a lo largo de mi desarrollo profesional. Un profundo agradecimiento a mis padres que supieron otorgarme la fuerza y motivación a lo largo de mi carrera. Un agradecimiento al personal docente y administrativo de la carrera de Ingeniería de Empresas por aportar en mi desarrollo personal y profesional. A mi director de tesis, el Mgtr. Hugo Quezada por su guía y apoyo durante el desarrollo del proyecto. A mi empresa formada, Mapresteel Cía. Ltda, en especial al Tnlgo. Jaime Culcay y a la Ing. Luisa Morocho por su paciencia y amabilidad en mi formación dual.

Melissa Lisbeth Gallardo Apolo

Dedicatoria

A mis padres Leonardo Y Maricela pues quienes sin su apoyo, amor y motivación no habría logrado cumplir esta meta. A mis hermanos; Leonardo y David quienes son las personas que me motivan a ser mejor persona cada día.

A todos, gracias

1. Introducción

Hoy en día, el aumento de la competitividad en la industria incita a las organizaciones a entregar productos y servicios con altos estándares de calidad que les permita satisfacer de manera óptima las necesidades de sus clientes, para así estar a la vanguardia respecto a sus competidores. En este aspecto, un factor importante a la hora de entregar productos de alta calidad es tener procesos capaces y predecibles en el futuro que permitan dicha consecución mediante la eliminación de causas de variación no aleatorias dentro del proceso.

Es así, que para Mapresteel Cía. Ltda., el estudio de estabilidad se presenta como una herramienta necesaria a la hora de analizar en primera instancia, si el proceso se encuentra trabajando solo con causas comunes de variación mediante el uso de las cartas de control $\bar{X}R$ y cartas de control C , que permitan observar si el proceso se encuentra en control estadístico, es decir, observar si los puntos de la variable analizada, en este caso espesor de capa y manchas, fluctúan dentro de los límites de control de manera aleatoria con tendencia cercana a su límite central.

Así mismo, el estudio de la estabilidad permitirá observar si el proceso de galvanizado es capaz de cumplir con sus especificaciones. Además, el presente estudio ayudará a obtener propuestas de medidas correctivas que permitan mejorar el proceso, en caso de que éste no cumpla con los requerimientos de estabilidad necesarios para poder otorgar productos de alta calidad que permitan satisfacer eficientemente las necesidades de sus clientes.

2. Justificación

Actualmente, la búsqueda de calidad en los productos y servicios elaborados en las organizaciones se ha convertido en un elemento de vital importancia que propicia su desarrollo óptimo y competitivo en el mercado. De acuerdo a Merli (2012), el mejoramiento de la calidad permite eliminar el desperdicio, reducir los requerimientos de inspección y prueba, así como mejorar la satisfacción del consumidor.

Con respecto a la calidad, investigaciones realizadas en la empresa Mapresteel Cía. Ltda., han determinado que la planta de producción genera productos no conformes que no satisfacen los requerimientos de calidad de sus clientes, se sabe que esta cifra ronda entre un 0,68% a 6,67% por producto, lo que genera quejas y reclamos por parte de sus clientes, además de no permitir

a la organización la optimización, eficiencia y uso adecuado de sus recursos (Mapresteel Cía. Ltda., 2020).

Además, Montgomery (2004), establece que existe una relación inversamente proporcional entre la calidad y la variabilidad de un proceso, en otras palabras, para reducir la cantidad de producto no conforme es necesario tener procesos menos variables y más estables. Por consiguiente, se plantea la siguiente pregunta para el presente proyecto integrador: ¿De qué manera contribuye el estudio de estabilidad en el proceso de galvanizado en la empresa Mapresteel Cía. Ltda. en el año 2022 en la disminución de productos no conformes?

En consecuencia, para la solución de este problema se ha planteado realizar un estudio de estabilidad en el proceso de galvanizado basado en primera instancia en el análisis de las cartas de control $\bar{X}R$ y carta c , que permita observar si los puntos de las cartas se encuentran fluctuando de manera aleatoria dentro de sus límites demostrando si el proceso se encuentra bajo control estadístico. Seguido de un análisis de los índices de capacidad que permitan observar si el proceso de galvanizado es capaz de cumplir con sus especificaciones. Para luego, en caso de que el proceso se encuentra en control estadístico y es capaz, analizar el grado de estabilidad del proceso y con esto verificar si el proceso es estable o no.

Además, el presente proyecto integrador, mediante el análisis de la estabilidad, permitirá obtener un cierto grado de predicción y control en los procesos y con esto, incrementar la relación y confianza existente entre la empresa y sus clientes, además de permitir usar eficientemente el tiempo de fabricación, máquinas y materiales y enfocar a la organización en incrementar las utilidades mediante la reducción de costos derivados de los procesos inestables.

Adicionalmente, el desarrollo del presente trabajo buscará el uso eficiente de los recursos necesarios para la fabricación de las piezas, permitiendo ayudar al medio ambiente usando solo los materiales necesarios para el proceso de producción. Por otra parte, la implementación del presente proyecto beneficiará a la empresa Mapresteel Cía. Ltda. ayudando a los colaboradores a reconocer cuáles son sus errores a la hora de realizar la fabricación de las piezas, y mejorando de esta manera, su competitividad y eficiencia, además permitirá aumentar la confianza de la parte gerencial al saber que la empresa está volviéndose más eficiente.

Finalmente, y como se mencionó con anterioridad, el desarrollo del presente proyecto resolverá problemas reales encontrados dentro de la planta de producción mediante el uso de la

metodología cuantitativa, que permitirá recolectar datos e información sobre el proceso de galvanizado para posteriormente analizarlos mediante técnicas matemáticas y estadísticas, con el fin de lograr analizar el nivel de estabilidad del proceso y por consiguiente, obtener un proceso mucho más estable y aumentar la calidad de los productos elaborados.

3. Planteamiento del problema

4. Objetivos

4.1 General

Elaborar un estudio de estabilidad en el proceso de galvanizado de la empresa Mapresteel Cía. Ltda.

4.2 Específico

1. Definir la situación actual del proceso de galvanizado
2. Realizar el estudio de estabilidad del proceso de galvanizado mediante la interpretación de las cartas de control $\bar{X}R$ para variables, carta C para atributos índices de capacidad, y grado de estabilidad.
3. Evaluar los resultados obtenidos para generar propuestas correctivas al proceso de galvanizado.

5. Marco teórico

5.1 Importancia de Seis Sigma en los procesos de producción

Hoy en día, la implementación de la metodología Seis Sigma se ha convertido en una importante herramienta que permite el mejoramiento continuo aplicado en los procesos de producción (Herrera Acosta, 2006). Sobre el concepto de producción podemos encontrar la definición dada por Render & Heizer (2007) quienes mencionan que la producción es crear bienes y servicios.

Así mismo, Adam & Ebert (1991) expresan que la producción es la conversión de recursos en productos tangibles e intangibles. De esta forma, Navarro Albert et al. (2017) establece que Seis Sigma es una herramienta que permite medir y mejorar la calidad examinando de manera íntegra los procesos productivos. De igual manera Carro Paz & González Gómez (2007) establecen que la producción es la creación de servicios y bienes en condiciones prefijadas.

Es así que, Garza Ríos et al. (2016) manifiestan que Seis Sigma es una herramienta que permite la generación de productos más eficientes además de buscar la disminución de la variabilidad e incremento de la calidad y productividad de las organizaciones. En esta misma línea, Martínez Mayoral & Morales Socuéllamos (2022) añaden que la metodología Seis Sigma busca mejorar la calidad mediante el análisis de la capacidad, funcionamiento y rendimiento de los procesos buscando así reducir la variabilidad y defectos en los mismos.

Por otra parte, Arias Montoya et al. (2008) establecen que esta herramienta permite mejorar procesos y servicios optimizando los resultados de las organizaciones. Finalmente, Martínez-Calderón et al. (2019) indican que Seis Sigma busca mejorar el nivel de desempeño de un proceso y comprender las necesidades de sus clientes.

5.2 Influencia del control estadístico de procesos y de calidad en la variabilidad y estabilidad

Se conoce como variabilidad a la diversidad de los resultados de un proceso o una variable (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009). Así mismo, Romero Vega et al. (2018) manifiestan que la variabilidad se presenta como un antónimo de la calidad y el fin último de las organizaciones es reducirla a niveles mínimos. Del mismo modo, Montgomery (2004) menciona que la calidad es inversamente proporcional a la variabilidad.

Es así que, Evans & Lindsay (2008) establecen que el control estadístico de procesos permite identificar las posibles causas de variación en los procesos mediante su seguimiento. De igual manera Hernández-Pedrerá & Da Silva-Portofelipe (2016) expresan que el control estadístico de procesos permite conocer el comportamiento del proceso y aplicar medidas correctivas antes de que cualquier inconformidad surja.

Añadiendo a lo anterior, González Álvarez et al. (2022) expresan que esta herramienta permite monitorear, controlar y verificar la variabilidad en los procesos. Finalmente, Lara-Hernández et al. (2011) recalcan que esta herramienta permite que los productos cumplan con especificaciones requeridas mediante el uso de procesos con límites aceptables.

5.3 SIPOC (suppliers, input, process, outputs, customers) como herramienta de gestión de procesos.

En cuanto a esta herramienta, Rodríguez Muñoz & Pérez Fernández (2018) mencionan que SIPOC permite comprender de forma sencilla los indicadores que componen la planificación de un proceso. De igual forma, Schmal & Rivero (2016) establecen que SIPOC permite representar desde los proveedores de las entradas en un proceso, hasta sus salidas y destinatarios. Por otra parte, Schwabe-Neveu et al. (2016) manifiestan que esta herramienta permite definir la relación existente entre el proceso y su ambiente, y con ello definir su alcance basados en los atributos que lo componen.

Añadiendo a lo anterior, Ortiz Barrios & Felizzola Jiménez (2014) mencionan que SIPOC es una herramienta que nos ayuda a identificar inputs y outputs en cada etapa de los procesos. En esta misma línea, Miyashiro & Delgado (2009) establecen que SIPOC es un mapa que permite observar la relación existente entre los suministros, entradas, procesos, salidas y clientes. Finalmente, Alonso-Torres (2014) expresa que esta herramienta permite describir las entradas y salidas, así como clientes y otras variables que intervienen en el proceso.

5.4 Efectos de las cartas de control en la calidad.

Hoy en día, las empresas se encuentran enfocadas en aumentar la calidad de sus productos mediante el uso de cartas de control (Eljach et al., 2006), entendiéndose como calidad el fabricar productos cuyas variables están bajo control (Pierdant Rodríguez & Rodríguez Franco (2009). Del mismo modo, Quintana et al. (2015) añaden que la calidad permite generar manufactura que se desempeña de manera satisfactoria por largos periodos de tiempo.

Así mismo, San Miguel (2019) expresa que la calidad es el grado en el que un conjunto de características cumple ciertos requisitos que permiten satisfacer las necesidades de los clientes. De esta forma, Botero A et al. (2009) expresan que las cartas de control permiten observar el comportamiento de los procesos identificando cualquier defecto que se pueda presentar. En esa misma línea, Barreras Cobos (2016) añade que las cartas de control permiten el control estadístico de procesos.

Por otra parte, Ramírez-Méndez & Cantú-Sifuentes (2017) mencionan que esta herramienta permite identificar el deterioro en la calidad en los procesos. Además, Montoya-Restrepo & Correa-Morales (2009) expresan que, esta herramienta permite describir las variaciones de un proceso mediante distribución estadística. Finalmente, Moreno Cortés & Vargas Navas (2000)

manifiestan que las cartas de control buscan monitorear la variabilidad de los procesos y como mencionaba Montgomery (2004) la variabilidad influye en la calidad de los productos.

Así mismo, Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2009) establecen que el objetivo de las cartas de control radica en analizar y observar el comportamiento de un proceso en el tiempo, logrando así distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales con la finalidad de entender cómo funciona el proceso y buscar acciones correctivas y de mejora. En esta misma línea, Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2009) mencionan que la diferencia entre causas comunes y especiales radica en que la primera es aquella que se da de forma natural en el proceso, mientras que las especiales se producen por circunstancias especiales que no ocurren de manera seguida en el proceso.

Es así que el autor señala la existencia de dos grupos de cartas principales, las cartas de control para variables y para atributos. Entendiéndose como cartas de control para variables aquellas que permiten analizar características continuas como pesos, longitudes o volúmenes y como carta de control para atributos aquellas que permiten medir características de “pasa, o no pasa” (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

5.4.1 Cartas de control \bar{X} R como herramientas para el control de variables

En cuanto a las cartas de control para variables, el autor establece la existencia de dos tipos de cartas principales cuando el tamaño del subgrupo $n < 10$, las cuales son las cartas de control \bar{X} -R las cuales permite analizar las variables obtenidas de procesos masivos donde se obtienen subgrupos de productos que permiten medir el rango y la media de los mismos (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009). En este aspecto, Botero A et al. (2009) establecen que la carta \bar{X} permite analizar la variabilidad de un proceso y con esto determinar si el proceso se encuentra estable o no. Mientras que Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2009) señalan que la carta R permite analizar la variación existente entre los rangos de los subgrupos analizados logrando así detectar los cambios existentes en la amplitud de la variación de un proceso.

En este aspecto, el autor indica que los límites de control para la carta \bar{X} se calculan a partir de la media de las medias y desviación estándar de las medidas de los subgrupos analizados, donde en un estudio inicial y sin conocerse la media y desviación estándar del proceso, se estiman de la siguiente forma:

$$LCS = \bar{X} + A_2R$$

$$\text{Línea central} = \bar{X}''$$

$$LCI = \bar{X}'' - A_2 \bar{R}$$

Donde \bar{X}'' es la media de las medidas, \bar{R} es la media los rangos y A_2 es una constante que depende del tamaño del subgrupo n (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

En cuanto a los límites de control de la carta R, el autor señala que en un estudio inicial los límites estarían compuestos de la siguiente forma:

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

$$\text{Línea central: } \bar{R}$$

$$LCS: D_4 \bar{R}$$

Donde \bar{R} es la media de los rangos, D_3 y D_4 son constantes que dependen del tamaño del subgrupo n .

En este aspecto, las cartas de control permiten analizar la estabilidad de un proceso, el cual se encuentra estable siempre y cuando se encuentren dentro de los límites y fluctuando aleatoriamente cerca del límite central (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009). En esta misma línea, el autor señala que los límites permiten reflejar la variación esperada para el número de defectos por subgrupo. Añadiendo a lo anterior, de ser posible la línea central debe ser mayor a nueve (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

5.4.2 Cartas de control C como herramientas para controlar atributos.

La *carta c* permite analizar la variabilidad dada por el número de defectos por subgrupo de referencia cuando su tamaño es constante y no variable (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009). Se calcula de la siguiente forma:

$$\bar{c} = \frac{\text{Total defectos}}{\text{Total subgrupo}}$$

Donde los límites de control vienen dados de la siguiente manera:

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

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

5.5 Índices de capacidad como mecanismo para analizar la capacidad de un proceso a corto plazo.

Por lo que se refiere a los índices de capacidad, Salazar & Fermín (2016) indican que estos índices permiten entender cuán capaz es un proceso mediante el nivel de cumplimiento de sus especificaciones. Los autores señalan que al analizar variaciones a corto plazo se trabaja con índices C_p , C_{pk} y C_{pm}

5.5.1 Índice C_p

Con respecto al índice C_p Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2009), señalan que este índice permite analizar la capacidad potencial de un proceso, comparando el ancho de las especificaciones con la variación real del proceso:

$$C_p = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}}$$

Donde la variación tolerada es la diferencia entre las especificaciones superior e inferior de la μ variable analizada, y la variación real es seis veces la desviación estándar del proceso. En este aspecto, el autor señala que para un proceso sea capaz el valor de C_p debe ser mayor a uno y si se quiere alcanzar calidad Seis Sigma C_p debe ser mayor que 1,50.

5.5.2 Índice C_{pk}

Así pues, al hablar del índice C_{pk} Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2009) expresan que éste permite indicar la capacidad real de un proceso, en este aspecto el autor señala que su cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}; \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

Donde μ corresponde a la media del proceso, EI y ES a las especificaciones inferior y superior respectivamente y σ a la desviación estándar del proceso a corto plazo dado por:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Donde \bar{R} es el promedio de los rangos de los subgrupos mientras que d_2 depende del tamaño del subgrupo. Finalmente, para observar si el proceso es realmente capaz $C_{pk} > 1,25$ (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

5.5.3 Índice K

En cuanto al índice K, Vilar Barrio (1999) señala que éste permite conocer cuan descentrado se encuentra un proceso mediante la distancia existente entre la media y su valor nominal. En este aspecto, el autor señala que la forma de calcularlo viene dada de la siguiente manera:

$$K = \frac{2(\mu - N)}{LTS - LTI}$$

Donde μ corresponde a la media del proceso y N es el valor nominal de las especificaciones. En este aspecto, el autor señala que si $k = 0$ el valor se encuentra centrado, si $k < 0$ la media es menor que su valor nominal, si $k > 0$ la media es mayor que su valor nominal (Vilar Barrio, 1999).

5.5.4 Índice C_{pm}

Con respecto al índice C_{pm} Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2009) expresan que este índice es similar al C_{pk} con la diferencia que éste analiza a su vez el centrado y la variabilidad del proceso, de esta forma el índice C_{pm} está definido de la siguiente manera:

$$C_{pm} = \frac{(ES - EI)}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}}$$

En este aspecto, si $C_{pm} > 1$ el proceso se encuentra centrado. Por lo tanto, si C_{pm} , C_{pk} y C_p son iguales el proceso se encuentra centrado (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

6. Diseño metodológico

Para el presente proyecto integrador la metodología utilizada está conformada por un estudio prospectivo mediante el uso información primaria recogida mediante el muestreo de piezas para analizar las variables cuantitativas y cualitativas de espesor de capa y manchas. Por otra parte, el presente proyecto integrador es de carácter cuantitativo mediante la aplicación del análisis de los datos obtenidos por el muestreo de las piezas fabricadas para el estudio de estabilidad. Finalmente, el alcance de la investigación es observacional y descriptiva mediante el análisis de los resultados que permitirá observar y describir cómo se encuentra el proceso de galvanizado.

En cuanto a la población y muestreo, el presente proyecto integrador requiere realizar dos estudios. Por un lado, el primer estudio se encuentra conformado por un universo de 20 cargas, en los cuales se realiza un muestreo de 5 piezas que permita analizar el espesor de capa de las piezas. A su vez, estas 20 cargas se consideran el muestreo realizado al universo infinito de piezas fabricadas en los cuales se analizará manchas en las piezas.

Para el cálculo de la estabilidad los datos se tomarán como un estudio inicial a corto plazo debido a que a pesar de que el tiempo para la toma de la información para cada una de las piezas fue disperso en el tiempo por la naturaleza del proceso, el valor de la desviación estándar σ se calculará con el rango promedio. Para el cálculo del espesor de la capa se utilizará la herramienta *El cometer* (Anexo C) que permitirá obtener dicha información. Para el análisis de las manchas se hará de manera visual y esta información será colocada en hojas de verificación de defectos.

7. Desarrollo del proyecto

7.1 Reseña histórica de la empresa

7.1.1 Historia de Mapresteel Cía. Ltda.

En 1986 el Tlg. Jaime Culcay decide crear en la ciudad de Cuenca un pequeño taller con la finalidad de elaborar moldes de inyección de plásticos, el cual se encontró ubicado en primera instancia por el sector Tres Puentes. Seis años después, en el año 1992, decide cambiar su ubicación trasladándose desde el sector Tres Puentes a un nuevo local ubicado en el parque industrial de la ciudad de Cuenca.

Por otra parte, para el año 2006 la empresa decide comenzar la producción de piezas metálicas con matrices elaboradas por ellos mismos. Finalmente, para el año 2021 cambia su razón social a Mapresteel Cía. Ltda, antes denominada Metales en Serie.

En esta misma línea, la empresa se encuentra ubicada en dos locaciones; la matriz principal se encuentra en la parroquia Ricaurte dentro del cantón cuenca, en esta matriz se elabora piezas para línea blanca y demás artículos basados en metales mientras que su segunda fábrica se encuentra ubicada en el sector parque industrial en la ciudad de Cuenca, donde se galvanizan las piezas en elaboradas en la matriz principal.

Actualmente actividad es la reparación, fabricación, distribución y venta de piezas metálicas, así como actividades, de estampado, troquelado y forjado.

7.1.1.1 Misión

“Somos una empresa cuencana dedicada a la elaboración, fabricación y reparación de productos metálicos, con más de 15 años de experiencia en el mercado local. Contamos con el personal calificado y la maquinaria necesaria para ofrecer a nuestros clientes: productos de la más alta calidad en materia prima y acabados, además de puntualidad en nuestras entregas, buen servicio y la seguridad de contar con una empresa confiable donde es lo primero”. (Mapresteel, 2020).

7.1.1.2 Visión

“Ser el mayor productor de piezas metálicas para línea blanca y productos en general de Cuenca y Ecuador, innovando nuestros productos con maquinaria a la par con la tecnología y las tendencias del mercado, manteniendo nuestro compromiso de brindar el mejor servicio a tiempo y la confianza en nuestra planta (Mapresteel, 2020)”.

7.1.2 Principales productos

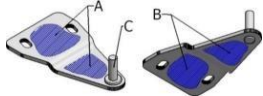
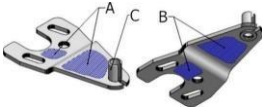
Los principales productos elaborados y comercializados por Mapresteel Cía. Ltda., se pueden clasificar en cinco grupos principales detallados a continuación.

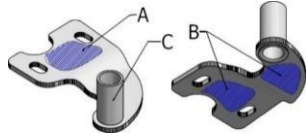
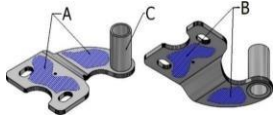
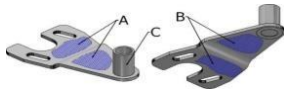
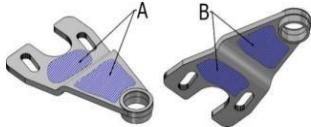
7.1.2.1 Bisagra superior

En la tabla 1 se puede observar los seis tipos de bisagras fabricadas por Mapresteel Cía. Ltda.

Tabla 1

Bisagras superiores fabricadas por Mapresteel Cía. Ltda.

| N° | DESCRIPCIÓN | PIEZA |
|----|----------------------------------|---|
| 1 | BISAGRA SUP. RI PIN NA 105 |  |
| 2 | BISAGRA SUP. VFV buje 3/8" |  |

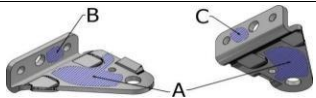
| | | | |
|---|----------------------------------|------------|--|
| 3 | BISAGRA SUP. QZ | buje 9/16" |  |
| 4 | BISAGRA SUP. 425 QZ | buje 9/16" |  |
| 5 | BISAGRA SUP. RETRO DISPLAY | 9/16" |  |
| 6 | BISAGRA SUP. CVI 520 | buje 3/4" |  |

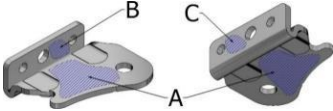
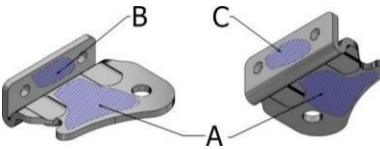
7.1.2.2 Bisagra centra

Como se puede observar en la tabla 2, existen tres tipos de bisagras centrales fabricadas por la empresa.

Tabla 2

Bisagras centrales fabricadas por Mapresteel Cía. Ltda.

| N° | DESCRIPCIÓN | PIEZA |
|----|-------------|---|
| | N | |
| 7 | 5/16NF - M4 |  |

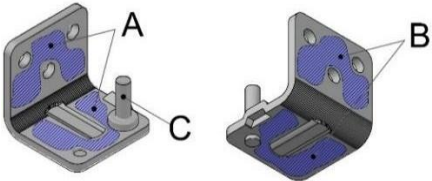
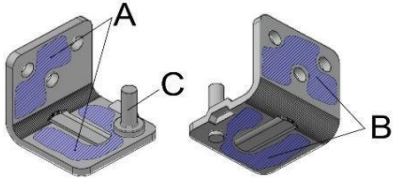
| | | | |
|---|------------------------------|--------|---|
| | BISAGRA CENTRAL RI A. | | |
| 8 | BISAGRA CENTRAL QZ. | 5/16N |  |
| 9 | BISAGRA CENTRAL 425 QZ | 5/16NF |  |

7.1.2.3 Bisagra inferior

En la tabla 3 se puede observar que existen dos tipos de bisagras fabricadas por la empresa.

Tabla 3

Bisagras inferiores fabricadas por Mapresteel Cía. Ltda.

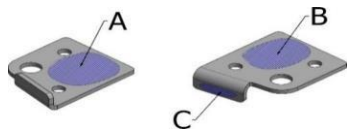
| N° | DESCRIPCIÓN | PIEZA |
|----|---------------------------|---|
| 10 | BISAGRA INFERIOR QZ | PIN NA 0148  |
| 11 | BISAGRA INFERIOR RI | PIN NA 0148  |

7.1.2.4 Topes

Como se puede observar en la tabla 4, solo existe un tipo de tope fabricado por la empresa.

Tabla 4

Tope fabricado por Mapresteel Cía. Ltda.

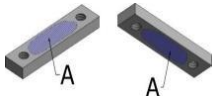
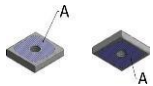
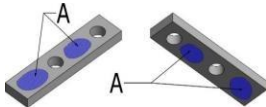
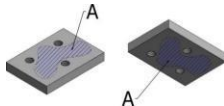
| N° | DESCRIPCIÓN | PIEZA |
|----|--------------------------|--|
| 12 | TOPE BISAGRA ELIPTICA RI |  |

7.1.2.5 Tuercas

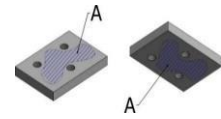
Como se puede observar en la tabla 5, existen nueve tipos de tuercas fabricadas por la empresa.

Tabla 5

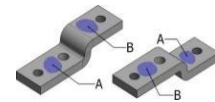
Tipos de tuercas fabricadas por Mapresteel Cía. Ltda.

| N° | DESCRIPCIÓN | PIEZA |
|----|-------------------------------|---|
| 13 | TUERCA DOBLE SUPERIOR 1/4" NC |  |
| 14 | TUERCA CUADRADA 3/4X3/4 3/16" |  |
| 21 | ALZA BISAGRA INF. VALENTINI |  |
| 22 | TUERCA TRIPLE INFERIOR VFV |  |

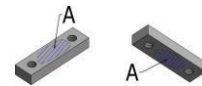
23 TUERCA TRIPLE INFERIOR



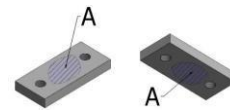
24 TUERCA DOBLE TIPO Z



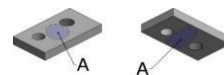
25 TUERCA DOBLE INFERIOR VALENTINI



26 TUERCA DIVISOR INFERIOR



27 TUERCA DIVISOR CENTRAL RI



7.2 Situación actual proceso galvanizado

7.2.1.1 Proceso galvanizado

El proceso de galvanizado consta de 16 etapas (Anexo A), subdivididas en tres zonas principales: zona de limpieza, zona electrolítica y zona de empaquetado.

La zona de limpieza se encuentra compuesta por siete operaciones principales que se pueden observar en la figura 1.

Figura 1

Operaciones principales de la zona de limpieza.



Por otra parte, la zona electrolítica se encuentra compuesta por nueve operaciones principales que se pueden observar en la figura 2.

Figura 2

Operaciones de la zona electrolítica.



Finalmente, la zona de empaquetado se encuentra conformada por dos operaciones que se pueden observar en la figura 3.

Figura 3

Operaciones de la zona de empaquetado.



7.2.1.2 Desengrase caliente

La primera etapa del galvanizado comienza en el desengrase caliente, este proceso permite colocar las piezas limpias en un balde azul por 20 minutos, esto con el objetivo de despojar al producto de cualquier rastro de suciedad o grasa.

Figura 4

Operación de desengrase caliente.

**7.2.1.3 Enjuague**

El enjuague es aquella operación que permite eliminar cualquier rastro químico o de suciedad que pueda llegar a contaminar el siguiente proceso, en este aspecto existen dos tipos de enjuague: enjuague en zona de limpieza y enjuague en zona electrolítica.

En este aspecto y como se puede observar en la figura 1, existen tres enjuagues dentro de la zona de limpieza. El primer enjuague permite eliminar los restos de químico del desengrase caliente, mientras que el segundo y tercer enjuague permiten eliminar cualquier resto de químico proveniente del decapado.

Por otro lado, existen cuatro tipos de enjuagues en la zona electrolítica (figura 2). El primer enjuague permite limpiar los restos de químico provenientes del galvanizado, el segundo limpia los restos de químico provenientes del cromado. Finalmente, el último enjuague elimina cualquier resto de impureza antes de que la pieza se seque.

7.2.1.4 Decapado

La operación de decapado permite eliminar cualquier rastro de suciedad, mancha u óxido de la pieza metálica. Esta operación se realiza colocando los tachos con las piezas dentro de un balde que contiene los químicos necesarios para el decapado. En el primer decapado las piezas se colocan durante 20 minutos, mientras que en el segundo decapado las piezas se colocan durante 10 minutos.

Figura 5

Baldes negros donde se coloca la pieza para el decapado.



7.2.1.5 Almacenamiento

Esta operación permite almacenar las piezas en baldes blancos que han pasado por la zona de limpieza para su posterior operación en la zona de electrolítica.

Figura 6

Colocación de las piezas en baldes blancos para su almacenamiento.



7.2.1.6 Desengrase electrolítico

Este proceso se realiza colocando el tambor con piezas dentro del tanque con los químicos necesarios para el cromatizado durante 10 segundos.

Figura 7

Operación de cromatizado de las piezas.



7.2.1.7 Secado

Esta operación permite secar la pieza luego de haber pasado por su enjuague correspondiente. Se realiza durante 30 minutos a una temperatura de 70 grados.

Figura 8

Operación de secado de piezas.



7.2.1.8 Estación de verificación

Esta operación permite verificar que las piezas cumplan con los requerimientos de calidad de sus clientes. Para esto se analizan dos variables principales. En primer lugar, las piezas no deben contener ningún defecto visual, es decir manchas. En segundo lugar, el espesor de capa de la pieza debe ser el correcto basándose en el plan de control de espesor de capa y mediante la utilización del *Elcometer* que permite analizar esta variable.

Figura 9

Verificación del espesor de capa.



7.2.1.9 Empaquetado

La operación de empaquetado se realiza mediante la colocación de las piezas necesarias en cajas con el peso requerido, para luego ser transportadas hasta la zona de embarque.


Figura 10

Cajas con las piezas requeridas.

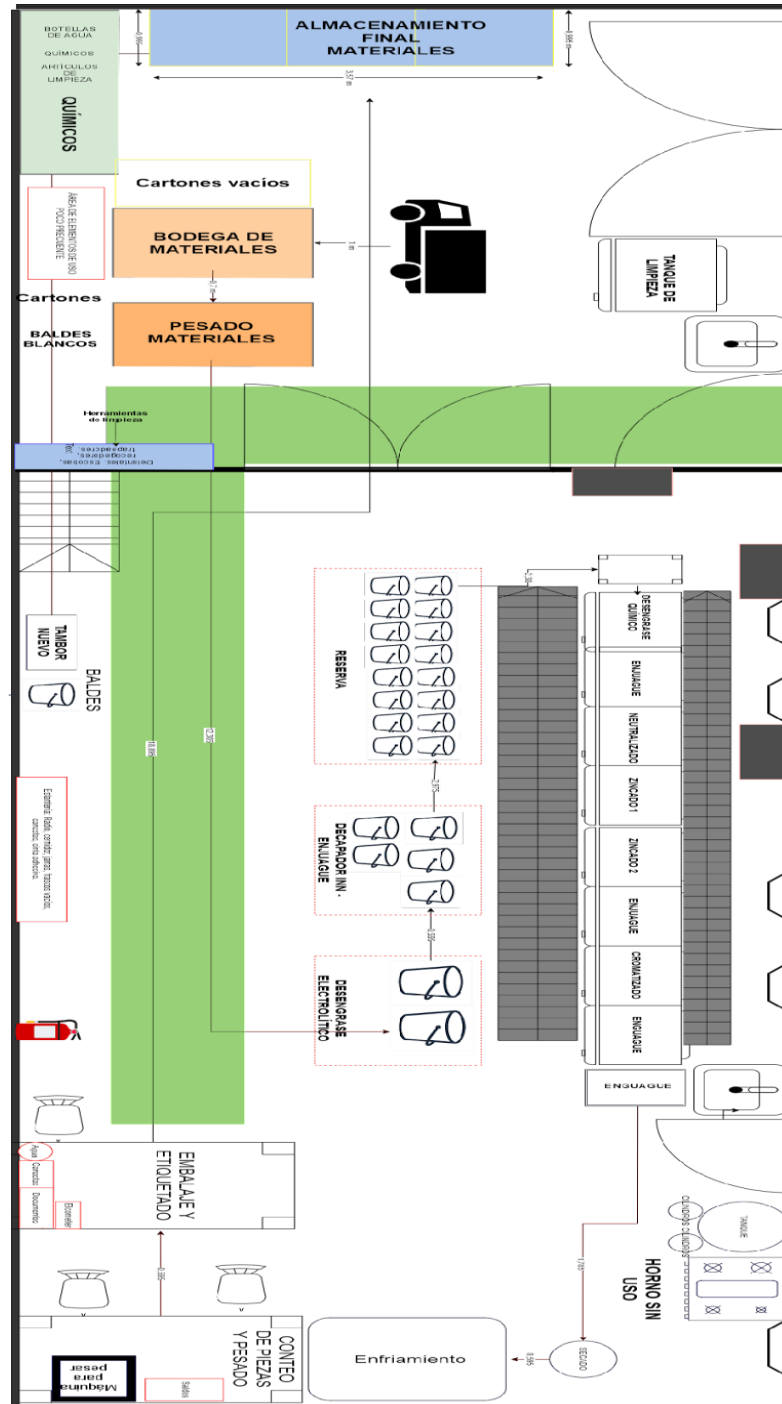


7.2.2 SIPOC del proceso.

A continuación, en la figura se presenta el diagrama SIPOC del proceso de galvanizado, detallándose así todos los proveedores, insumos, procesos, salidas y clientes de dicho proceso.

| PROCESO DE GALVANIZADO | | | | | | |
|--|---|--|--------------------------|--|--|----------|
| INICIO | | <i>Desengrase químico</i> | | | | |
| TERMINA | | <i>Empaquetado de piezas</i> | | | | |
| S | I | F | O | C | | |
| Proveedor | Entrada | Xe | Proceso | Xp | Salida | Clientes |
| 1,2 y 4. Bodega- 3. Planta Ricarute | 1. Químico K100. 2. Niquelina. 3. Piezas. 4. Balde perforado. | 1. Nivel De Químico: 240-250 L. 2. Niquelina: 5 cm sobrealiando. 3. Peso Piezas: 12,5 Kg. Piezas en buen estado | Desengrase caliente. | a. Temperatura. Agua: 30 C° A 35 C° b. Químico. No Esté Degastado. c. Tiempo: 20 Min. d. Ventilación. |  I. Piezas sin manchas. II. Piezas con buen espesor capa zinc (especificado en el plan de control). III. Piezas galvanizadas. IV. Piezas sin quemado. | |
| 1. Etapa 2,3 y 4. Bodega | 1. Agua. 2. Balde. 3. Manguera 4. Equipos protección personal | 1. Temperatura ambiente. | Enjuague. | a. Tiempo: 2 minutos. b. Caudal continuo. | | |
| 1,2 y 3. Bodega. | 1. Decapador Inv. 2. Balda perforado. 3. Equipo de protección. | 1. Cantidad: 35 litros por balde. | Decapado | a. Químico en buenas condiciones para trabajar. b. Ventilación del ambiente. c. Tiempo 20 minutos. | | |
| 1. Etapa 2,3 y 4. Bodega | 1. Agua. 2. Balde. 3. Manguera 4. Equipos protección personal | 1. Temperatura ambiente. | Enjuague. | a. Tiempo: 2 minutos. b. Caudal continuo. | | |
| 1. Lavado. 2. Bodega. 3. Operador. | 1. Decapador Inv. 2. Balda perforado. 3. Equipo de protección. | 1. Cantidad: 35 litros por balde. | Decapado | a. Químico en buenas condiciones para trabajar. b. Ventilación del ambiente. c. Tiempo 10 minutos. | | |
| 1. Decapado. 2 y 3. Operador de planta. | 1. Agua. 2. Balde. 3. Manguera 4. Equipos protección personal | 1. Temperatura ambiente. | Enjuague. | a. Tiempo: 2 minutos. b. Caudal continuo. | | |
| 1,4 y 10. Bodega. 2. Etapa. 3. Empresa eléctrica. 5,6,7,8 y 9. Planta. | 1. Niquelina. 2. Agua. 3. Electricidad. 4. Electrokleanx Co. 5. Tambor. 6. Tanque. 7. Rectificador de voltaje. 8. Electrodos | 1. Temperatura: 40 C +5. 2. Temperatura ambiente y nivel de 750-850 litros. 3. Voltaje: 1000 amperios. 4. Densidad: 8-10 Be. | Desengrase electrofórico | a. Nivel de químico correcto. b. Tiempo: 5 minutos. c. Niquelina funcionando. d. Cable de Tacle en buen estado. e. Voltaje correcto. f. Ventilación. | | |
| 1. Etapa. 2 y 3. Planta. | 1. Agua. 2. Tanque. 3. Manguera | 1. Temperatura ambiente. | Enjuague. | a. Tiempo: 2 minutos. | | |
| 1. Bodega. 2. Etapa. 3 y 4. Planta. | 1. Actbye. 2. Agua. 3. Tambor. 3. Tanque. | 1. Ph: 0-2. 2. Temperatura ambiente. | Neutralizado | a. Tiempo: 2 minutos. b. Tanque limpio. c. Ventilación. | | |
| 1,2,3,4 y 5. Bodega. 6. Empresa Eléctrica. 7. Etapa. 8,9,10 y 11. Planta. | 1. Base. 2. Brillo. 3. Cloruro de Zinc, Potasio y Ácido Bórico. 4. Lingotes de Zinc. 5. Fundas de Zinc. 6. Electricidad. 7. Agua. 8. Tambor. 9. Tanque. 10. Rectificador. 11. Ánodos. | 1. Base. 1 litro. 2. Brillo: 1 litro. 3. Cantidad de químico correcto y disolución correcta. 4. Lingotes de Zinc en buen estado y limpios. 5. Fundas de Zinc bien lavadas. 6. Voltaje: 2000 amperios. 7. Temperatura ambiente. | Zincado. | a. Tiempo: 35 minutos. b. Densidad: 18-22. c. Ph: 5-5,5. d. Voltaje: 8-10 voltios. Amperaje: 130-240 amperios. e. Baño limpio. f. Bomba en buen funcionamiento. g. Presión correcta. | | |
| 1. Etapa. | 1. Agua | a. Temperatura ambiente. | Enjuague. | a. Tiempo: 2 minutos. b. Buen caudal. | | |
| 1 y. Bodega. 3. Etapa. 4,5 y 6. Planta. | 1. Ácido nítrico. 2. Cz 12. 3. Agua. 4. Tambor. 5. Tanque. 6. Compresor. | 1. Ácido nítrico: 0,5 litros. Químico en buen estado. 2. Cz 12: 0,20 kg. | Cromatizado | a. Tiempo: 10 segundos. b. Ventilación. | | |
| 1. Etapa. 2,3 y 4. Planta. | 1. Agua. 2. Tambor. 3. Tanque. 4. Bomba de presión. | a. Temperatura ambiente. | Enjuague. | a. Tiempo: 2 minutos. b. Buen caudal del agua. c. Ventilación. | | |
| 1. Etapa. 2 y 3. Planta. | 1. Agua. 2. Perilla. 3. Manguera. | a. Temperatura ambiente. | Enjuague. | a. Tiempo: 2 minutos. b. Agua con buen caudal y buena presión. | | |
| 1. Planta. 2. Empresa Eléctrica. | 0. Piezas lavadas. 1. Secadora. 2. Electricidad. | a. Piezas bien lavadas. temperatura 70 C°. | Secado | a. Tiempo: 30 minutos. b. Temperatura: 70 C°. | | |
| 1. Planta. | 0. Piezas secadas. 1. Medidor de espesor de capa. | 0. Piezas correctamente secas. | Verificación | a. Piezas con correcto espesor de capa. b. Piezas sin ningún defecto visual: manchas, quemaduras y bien galvanizadas. | | |
| 1 y 2. Planta. | 1. Cartón. 2. Cinta de pegar. | 1. Cartones en buenas condiciones. 2. Cinta en buenas condiciones. | Embalaje | a. Cantidad de piezas adecuadas por caja. B. Cinta cubre toda la caja. | | |

7.2.3 Layout Planta



7.3 Estudio de estabilidad

El estudio de estabilidad comenzará con la utilización de la herramienta de Pareto que permitirá identificar las piezas críticas para posteriormente en primera instancia, determinar si el proceso está dentro de control estadístico mediante las cartas de control \bar{X} - y cartas de control C, seguido por el cálculo de los índices de capacidad para aquellos casos en donde el proceso esté dentro de control estadístico que permitirá observar si el proceso es capaz; si un proceso está en control estadístico y demuestra ser capaz entonces se debe determinar su grado de estabilidad y finalmente describir los resultados obtenidos y proponer planes de mejora para el proceso.

7.3.1 Pareto

El total de cargas fabricados durante el periodo analizado fue de un total de 431 cargas, como se puede observar en la tabla 6. En primera instancia, se utilizó la herramienta de Pareto, que permitió identificar las siguientes piezas como críticas, ya que fueron las que más se elaboraron en la fábrica.

Tabla 6

Pareto piezas fabricadas en el periodo junio-octubre 2022.

| Pieza | Cantidad | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|-------|----------|------------|----------------------|
| N° 10 | 160 | 37,12% | 37,12% |
| N° 8 | 67 | 15,55% | 52,67% |
| N° 23 | 34 | 7,89% | 60,56% |
| N° 9 | 21 | 4,87% | 65,43% |
| N° 4 | 21 | 4,87% | 70,30% |
| N° 11 | 20 | 4,64% | 74,94% |
| N° 13 | 20 | 4,64% | 79,58% |
| N° 14 | 16 | 3,71% | 83,29% |
| N° 3 | 15 | 3,48% | 86,77% |
| N° 24 | 14 | 3,25% | 90,02% |
| N° 26 | 14 | 3,25% | 93,27% |
| N° 22 | 16 | 3,71% | 96,98% |
| N° 2 | 6 | 1,39% | 98,38% |
| N° 6 | 4 | 0,93% | 99,30% |

| | | | |
|-------|-----|---------|---------|
| N° 1 | 1 | 0,23% | 99,54% |
| N° 27 | 1 | 0,23% | 99,77% |
| N° 25 | 1 | 0,23% | 100,00% |
| Total | 431 | 100,00% | |

Nota. *El periodo a analizar comprendió desde junio de 2022 a octubre de 2022.

Con esta información se procedió a realizar los cálculos correspondientes para el proyecto.

7.3.2 Cartas de control

7.3.2.1 Variables

En primera instancia se procedió a calcular las cartas de control X -R que otorgó la siguiente información de cada pieza crítica.

7.3.2.1.1 Pieza N° 10

La pieza N° 10 presentó las siguientes mediciones de capa para un total de 100 muestras conformadas por 20 cargas de 5 piezas cada uno.

Tabla 7

Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 10.

| CARGA S | MEDICIONES ESPESOR | | | | | | MEDI RANGO A | LCI | LÍMITE CENTRA L MEDIA | LCS | LCI | LÍMITE CENTRA L RANGO | LCS |
|------------|--------------------|------|------|------|------|------|-----------------|------|-----------------------------|------|------|-----------------------------|------|
| | CAPA | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 4,42 | 6,28 | 7,62 | 5,06 | 6,28 | 5,93 | 3,20 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 2 | 5,54 | 3,58 | 4,02 | 4,68 | 3,74 | 4,31 | 1,96 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 3 | 5,52 | 6,66 | 5,76 | 6,26 | 4,48 | 5,74 | 2,18 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 4 | 5,92 | 5,12 | 4,86 | 4,24 | 5,24 | 5,08 | 1,68 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 5 | 4,14 | 6,88 | 4,90 | 4,54 | 5,86 | 5,26 | 2,74 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 6 | 5,34 | 4,16 | 6,68 | 4,60 | 5,00 | 5,16 | 2,52 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 7 | 4,48 | 5,28 | 5,00 | 4,60 | 3,37 | 4,55 | 1,91 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 8 | 3,78 | 3,17 | 5,70 | 6,82 | 4,54 | 4,80 | 3,65 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 9 | 5,64 | 4,00 | 5,20 | 5,14 | 4,96 | 4,99 | 1,64 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 10 | 5,34 | 4,16 | 4,34 | 5,06 | 5,32 | 4,84 | 1,18 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 11 | 5,48 | 4,74 | 6,32 | 4,78 | 4,74 | 5,21 | 1,58 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 12 | 5,35 | 7,28 | 4,24 | 5,54 | 6,30 | 5,74 | 3,04 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 13 | 5,54 | 8,80 | 3,50 | 7,32 | 5,98 | 6,23 | 5,30 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 14 | 4,62 | 4,23 | 7,13 | 6,85 | 6,38 | 5,84 | 2,90 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 15 | 5,22 | 4,06 | 4,70 | 5,26 | 6,84 | 5,22 | 2,78 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|
| 16 | 5,48 | 6,83 | 5,48 | 8,92 | 7,10 | 6,76 | 3,44 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 17 | 4,74 | 6,14 | 6,42 | 8,76 | 4,86 | 6,18 | 4,02 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 18 | 3,32 | 5,32 | 4,84 | 4,55 | 5,36 | 4,68 | 2,04 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 19 | 5,40 | 3,94 | 6,26 | 4,86 | 3,85 | 4,86 | 2,41 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| 20 | 4,96 | 7,94 | 6,64 | 4,80 | 4,64 | 5,80 | 3,30 | 6,90 | 5,36 | 3,82 | 0,00 | 2,67 | 5,65 |
| | | | | | | | 5,36 | 2,67 | | | | | |

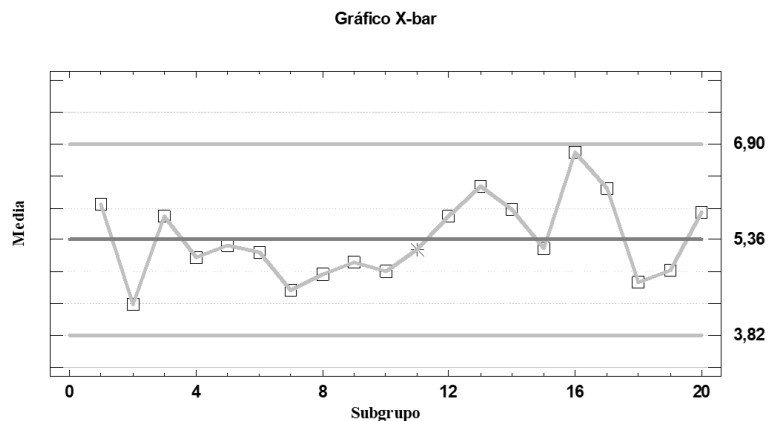
Con esta información se procedió a realizar las cartas de control \bar{X} -R que se detallan a continuación.

• **Carta de Control \bar{X}**

Para la pieza N° 10 la media de las medias de los cargás analizados fue de 5,36 μm donde se espera que las medias del espesor de la capa de 5 piezas varíen entre 6,90 y 3,82 μm .

Figura 11

Gráfica X Media Pieza N° 10.



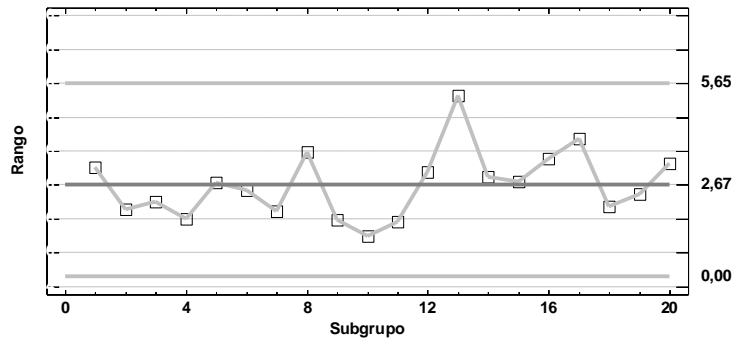
Fuente: Elaboración propia.

• **Carta de Control R**

Se puede observar que la media de los rangos del espesor de capa de los cargás analizados fue de 2,67 μm , donde se espera que los rangos de los cargás de 5 piezas analizados varíen entre 0 y 5,65 μm .

Figura 12

Gráfico R Media Pieza N° 10.



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2.1.2 Pieza N° 8

La pieza N° 8 presentó las siguientes mediciones de capa para un total de 100 muestras conformadas por 20 cargas de 5 piezas cada uno.

Tabla 8

Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 8.

| | CARGAS | | | | | MEDIACIONES ESPESOR | | | | | MEDIARANGO | LCI | LÍMITE CENTRAL | LCS | LCI | LÍMITE CENTRAL | LCS |
|----|--------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|------------|------|----------------|-----|-----|----------------|-----|
| | CAPA | | | | | RANGO | | | | | | | | | | | |
| 1 | 4,96 | 4,88 | 4,48 | 6,14 | 3,44 | 4,78 | 2,70 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 | | | | |
| 2 | 5,22 | 5,66 | 5,46 | 5,58 | 5,54 | 5,49 | 0,44 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 | | | | |
| 3 | 5,96 | 5,4 | 6,28 | 4,94 | 5,12 | 5,54 | 1,34 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 | | | | |
| 4 | 6,13 | 5,96 | 4,74 | 6,58 | 6,34 | 5,95 | 1,84 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 | | | | |
| 5 | 5,56 | 8,36 | 5,02 | 5,64 | 5,74 | 6,06 | 3,34 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 | | | | |
| 6 | 6,66 | 5,88 | 5,54 | 5,92 | 6,16 | 6,03 | 1,12 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 | | | | |
| 7 | 5,14 | 5,08 | 4,12 | 5,68 | 4,8 | 4,96 | 1,56 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 | | | | |
| 8 | 3,64 | 4,37 | 5,2 | 3,96 | 4,3 | 4,29 | 1,56 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 | | | | |
| 9 | 4,48 | 4,3 | 4,20 | 3,54 | 4,44 | 4,19 | 0,94 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 | | | | |
| 10 | 4,24 | 7,64 | 5,26 | 5,48 | 5,86 | 5,70 | 3,40 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 | | | | |
| 11 | 4,52 | 5,26 | 5,4 | 5,74 | 5,24 | 5,23 | 1,22 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|
| 12 | 4,86 | 4,73 | 4,46 | 4,42 | 4,84 | 4,66 | 0,44 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 |
| 13 | 4,43 | 4,22 | 3,6 | 4,62 | 4,9 | 4,35 | 1,30 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 |
| 14 | 5,74 | 5,76 | 4,24 | 5,76 | 4,9 | 5,28 | 1,52 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 |
| 15 | 5,28 | 3,66 | 4,6 | 4,92 | 4,28 | 4,55 | 1,62 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 |
| 16 | 3,94 | 5,32 | 6,34 | 6,86 | 6,28 | 5,75 | 2,92 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 |
| 17 | 5,07 | 7,06 | 5,04 | 4,55 | 5,28 | 5,40 | 2,51 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 |
| 18 | 4,78 | 5,92 | 5,93 | 5,73 | 5,06 | 5,48 | 1,15 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 |
| 19 | 5,4 | 4,5 | 5,3 | 5,3 | 4,3 | 4,99 | 1,10 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 |
| 20 | 6,4 | 5 | 4,6 | 4,2 | 4,7 | 4,97 | 2,20 | 6,17 | 5,18 | 4,20 | 0,00 | 1,71 | 3,62 |
| | | | | | | | 5,18 | 1,71 | | | | | |

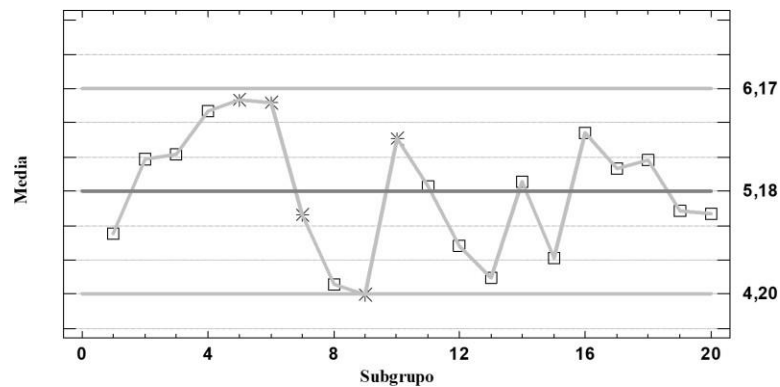
Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 8

• **Carta de Control X**

La pieza N° 8 presentó una media de las medias de los cargados analizados de 5,18 μm donde se espera que las medias del espesor de la capa de 5 piezas varíen entre 6,17 y 4,2 μm .

Figura 13

Gráfico X Media Pieza N° 8.



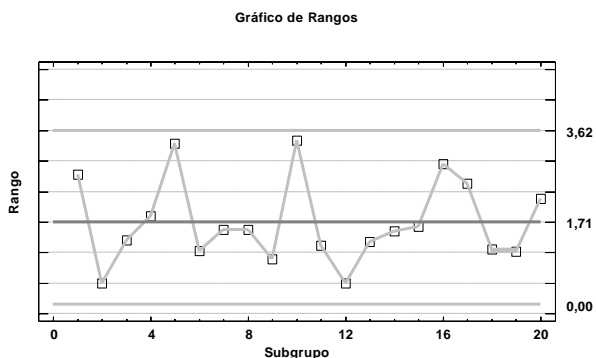
Fuente: Elaboración Propia.

• **Carta de Control R**

Se puede observar que la media de los rangos del espesor de capa de los cargados analizados fue de 1,71 μm , donde se espera que los rangos de los cargados de 5 piezas analizados varíe entre 0 y 3,62 μm .

Figura 14

Gráfico R Media Pieza N° 8



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2.1.3 Pieza N° 23

La pieza N° 23 presentó las siguientes mediciones de capa para un total de 100 muestras conformadas por 20 cargas de 5 piezas cada uno.

Tabla 9

Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 23.

| CARGA | MEDICIONES | | | | | ESPESOR | CAPA | MEDI | RANGO | LCI | LÍMITE CENTRA | LCS | LCI | LÍMITE CENTRA | LCS |
|-------|------------|-------|---------|---------|-------|---------|------|-------|-------|------|---------------|------|------|---------------|-----|
| | S | A | L MEDIA | L RANGO | | | | | | | | | | | |
| 1 | 7,04 | 10,12 | 7,46 | 10,28 | 10,04 | 8,99 | 3,24 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |
| 2 | 8,72 | 4,54 | 7,48 | 6,52 | 6,33 | 6,72 | 4,18 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |
| 3 | 9,56 | 10,12 | 8,4 | 9,74 | 9 | 9,36 | 1,72 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |
| 4 | 10,9 | 7,64 | 8,24 | 8,26 | 8,3 | 8,68 | 3,30 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 7,46 | 8,54 | 6,98 | 8,12 | 8,44 | 7,91 | 1,56 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |
| 6 | 6,16 | 10,02 | 7,84 | 10,96 | 8,43 | 8,68 | 4,80 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |
| 7 | 10,7 | 8,99 | 10 | 9,45 | 9,22 | 9,67 | 1,71 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |
| 8 | 8,58 | 7,42 | 5,6 | 6,8 | 4,26 | 6,53 | 4,32 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |
| 9 | 4,52 | 6,24 | 6,52 | 6,22 | 8,9 | 6,48 | 4,38 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |
| 10 | 9,02 | 10,62 | 7,68 | 9,8 | 8,56 | 9,14 | 2,94 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |
| 11 | 8,52 | 10,93 | 7,5 | 8,68 | 10,18 | 9,16 | 3,43 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |
| 12 | 9,34 | 9,2 | 8,28 | 8,16 | 8,06 | 8,61 | 1,28 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 | | |

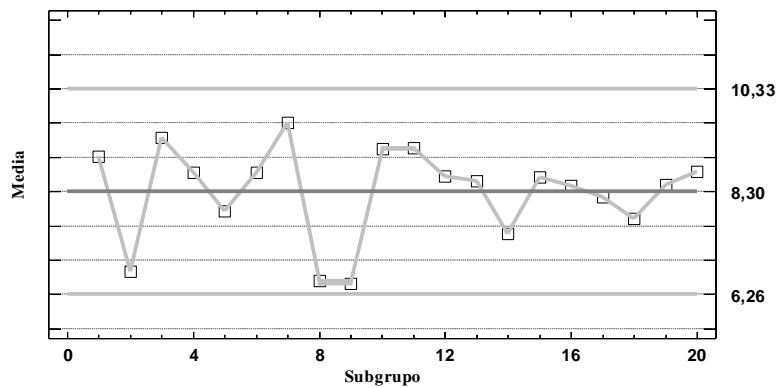
| | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|-------|------|-------|-------|------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|
| 13 | 10,6 | 10,42 | 7,68 | 5,1 | 8,74 | 8,51 | 5,51 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 |
| 14 | 8,92 | 8,52 | 6,28 | 6,16 | 7,4 | 7,46 | 2,76 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 |
| 15 | 7,59 | 5,84 | 9,86 | 10,6 | 8,98 | 8,57 | 4,76 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 |
| 16 | 9,46 | 8,97 | 6,44 | 6,96 | 10,28 | 8,42 | 3,84 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 |
| 17 | 8,72 | 9,62 | 3,9 | 10,12 | 8,62 | 8,20 | 6,22 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 |
| 18 | 6,04 | 8,08 | 9,06 | 7,42 | 8,2 | 7,76 | 3,02 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 |
| 19 | 5,48 | 10,82 | 9,06 | 6,52 | 10,26 | 8,43 | 5,34 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 |
| 20 | 8,42 | 9,6 | 7,5 | 9,8 | 8,12 | 8,69 | 2,30 | 10,33 | 8,30 | 6,26 | 0,00 | 3,53 | 7,46 |
| | | | | | | | 8,30 | 3,53 | | | | | |

• **Carta de Control X**

La pieza N° 23 presentó una media de las medias de los cargos analizados de 8,30 μm donde se espera que las medias del espesor de la capa de 5 piezas varíen entre 10,33 μm y 6,26 μm .

Figura 15

Gráfico X Media Pieza N° 23.



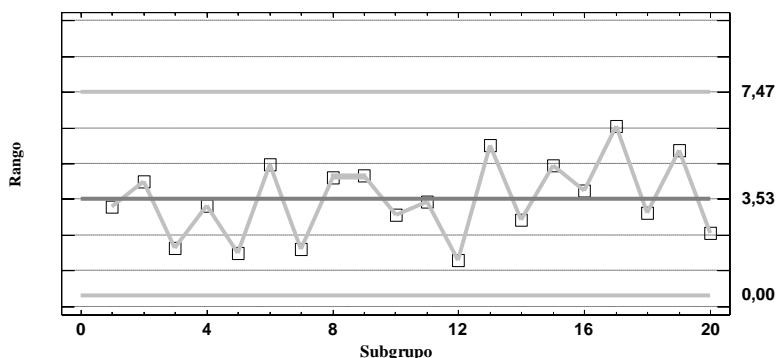
Fuente: Elaboración Propia.

• **Carta de Control R**

Se puede observar que la media de los rangos del espesor de capa de los cargos analizados fue de 3,53 μm , donde se espera que los rangos de los cargos de 5 piezas analizados varíen entre 0 y 7,47 μm .

Figura 16

Gráfico R Media Pieza N° 23.



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2.1.4 Pieza N° 9

La pieza N° 9 presentó las siguientes mediciones de capa para un total de 100 muestras conformadas por 20 cargas de 5 piezas cada uno.

Tabla 10

Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 9.

| CARGA | MEDICIONES ESPESOR | | | | | MEDI RANG | | LCI | LÍMITE | LCS | LCI | LÍMITE | LCS |
|-------|--------------------|------|------|------|------|-----------|------|------|---------|------|------|---------|------|
| S | CAPA | | | | | A | O | | CENTRA | | | CENTRA | |
| | | | | | | | | | L MEDIA | | | L RANGO | |
| 1,00 | 3,60 | 3,80 | 3,42 | 3,90 | 3,60 | 3,66 | 0,48 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 2,00 | 5,16 | 5,40 | 4,96 | 3,50 | 4,92 | 4,79 | 1,90 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 3,00 | 5,42 | 4,08 | 5,16 | 5,66 | 5,30 | 5,12 | 1,58 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 4,00 | 6,94 | 7,04 | 4,48 | 5,20 | 4,38 | 5,61 | 2,66 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 5,00 | 5,18 | 5,02 | 4,58 | 5,26 | 3,08 | 4,62 | 2,18 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 6,00 | 6,28 | 4,18 | 6,12 | 4,56 | 6,24 | 5,48 | 2,10 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 7,00 | 5,20 | 6,56 | 6,10 | 4,54 | 6,06 | 5,69 | 2,02 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 8,00 | 4,88 | 7,04 | 5,68 | 4,64 | 6,00 | 5,65 | 2,40 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 9,00 | 6,98 | 5,92 | 4,18 | 5,36 | 6,00 | 5,69 | 2,80 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 10,00 | 4,72 | 3,16 | 5,10 | 4,64 | 5,82 | 4,69 | 2,66 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 11,00 | 4,88 | 6,34 | 6,00 | 4,16 | 5,14 | 5,30 | 2,18 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 12,00 | 3,36 | 3,42 | 3,54 | 3,58 | 4,42 | 3,66 | 1,06 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 13,00 | 4,20 | 3,68 | 4,02 | 5,34 | 3,84 | 4,22 | 1,66 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 14,00 | 3,74 | 3,95 | 4,30 | 3,18 | 3,00 | 3,63 | 1,30 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 15,00 | 3,10 | 5,43 | 5,80 | 5,35 | 6,23 | 5,18 | 3,13 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 16,00 | 5,30 | 3,30 | 3,50 | 4,55 | 4,53 | 4,24 | 2,00 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 17,00 | 3,15 | 3,10 | 5,00 | 3,20 | 3,60 | 3,61 | 1,90 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |
| 18,00 | 3,45 | 5,70 | 3,30 | 3,00 | 3,49 | 3,79 | 2,70 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 |

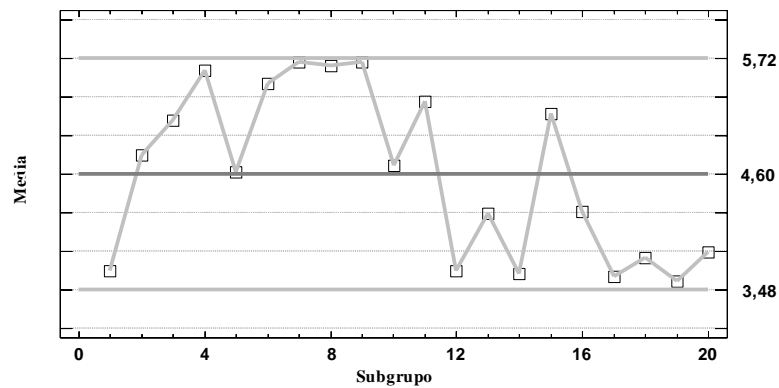
| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|--|
| 19,00 | 3,70 | 3,50 | 3,90 | 3,40 | 3,30 | 3,56 | 0,60 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 | |
| 20,00 | 3,00 | 3,10 | 4,10 | 4,40 | 4,60 | 3,84 | 1,60 | 5,72 | 4,60 | 3,48 | 0,00 | 1,95 | 4,11 | |
| | | | | | | | 4,60 | 1,95 | | | | | | |

• **Carta de Control X**

La pieza N° 9 presentó una media de las medias de los cargás analizados de 4,60 μm donde se espera que las medias del espesor de la capa de 5 piezas varíen entre 3,48 y 5,72 μm .

Figura 17

Gráfico X Media Pieza N° 9.



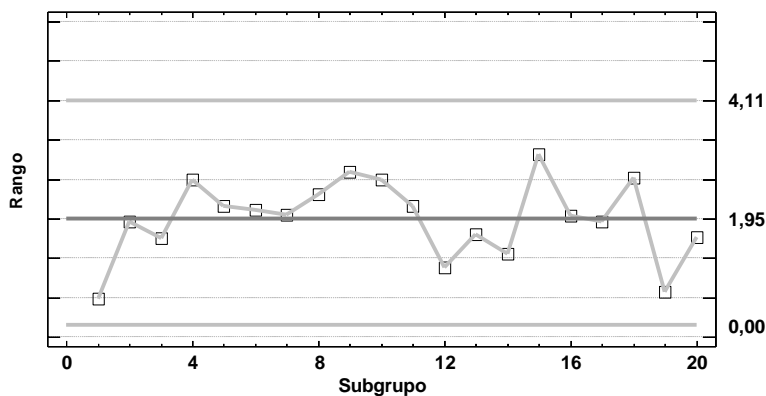
Fuente: Elaboración Propia.

• **Carta de Control R**

Se puede observar que la media de los rangos del espesor de capa de los cargás analizados fue de 1,95 μm , donde se espera que los rangos de los cargás de 5 piezas analizados varíen entre 0 y 4,11 μm .

Figura 18

Gráfico R Media Pieza N° 9.



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2.1.5 Pieza N° 4

La pieza N° 4 presentó las siguientes mediciones de capa para un total de 100 muestras conformadas por 20 cargas de 5 piezas cada uno.

Tabla 11

Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 4.

| CARGA S | MEDICIONES ESPESOR CAPA | | | | | | | LCI | LÍMITE CENTRA LCS | | | LCI | LÍMITE CENTRA LCS | |
|------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|-------------------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | L MEDIA | LCS | 0,00 | | L RANGO | LCS |
| 1 | 6,20 | 3,02 | 5,56 | 4,64 | 4,32 | 4,75 | 3,18 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 2 | 5,76 | 5,00 | 4,26 | 6,54 | 4,22 | 5,16 | 2,32 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 3 | 3,56 | 3,54 | 3,98 | 4,04 | 5,54 | 4,13 | 2,00 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 4 | 4,98 | 5,42 | 4,50 | 5,78 | 3,80 | 4,90 | 1,98 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 5 | 4,10 | 3,56 | 5,12 | 3,05 | 5,34 | 4,23 | 2,29 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 6 | 6,76 | 3,66 | 3,36 | 3,96 | 5,12 | 4,57 | 3,40 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 7 | 5,72 | 5,22 | 3,46 | 4,97 | 4,10 | 4,69 | 2,26 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 8 | 5,21 | 3,56 | 3,16 | 3,56 | 3,84 | 3,87 | 2,05 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 9 | 3,10 | 4,94 | 3,76 | 4,94 | 4,18 | 4,18 | 1,84 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 10 | 3,08 | 4,12 | 4,94 | 5,74 | 4,10 | 4,40 | 2,66 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 11 | 3,33 | 5,24 | 4,07 | 3,88 | 4,94 | 4,29 | 1,91 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 12 | 4,52 | 3,20 | 3,24 | 3,15 | 3,82 | 3,59 | 1,37 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 13 | 3,16 | 3,47 | 3,87 | 3,14 | 3,32 | 3,39 | 0,73 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 14 | 4,60 | 6,10 | 5,70 | 4,30 | 5,00 | 5,14 | 1,80 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 15 | 4,40 | 4,30 | 4,70 | 4,30 | 4,50 | 4,44 | 0,40 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |
| 16 | 3,50 | 3,20 | 3,10 | 5,10 | 3,50 | 3,68 | 2,00 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 | |

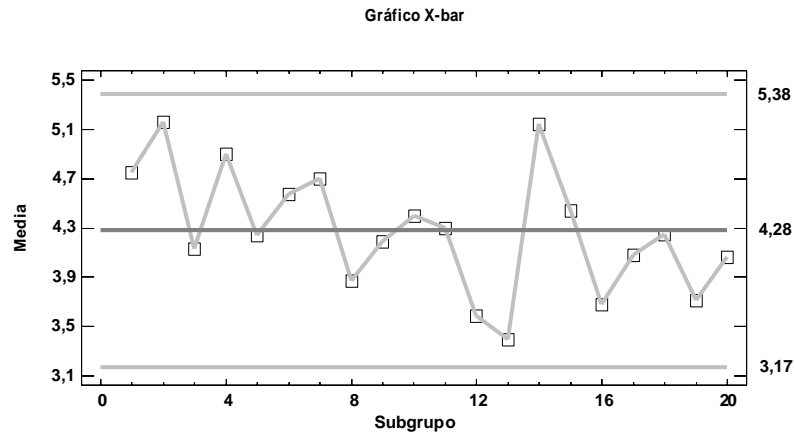
| | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|
| 17 | 3,70 | 4,00 | 4,70 | 4,30 | 3,70 | 4,08 | 1,00 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 |
| 18 | 5,03 | 3,55 | 3,93 | 5,00 | 3,70 | 4,24 | 1,48 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 |
| 19 | 3,58 | 3,00 | 3,25 | 3,77 | 4,97 | 3,71 | 1,97 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 |
| 20 | 3,00 | 4,63 | 4,32 | 3,75 | 4,60 | 4,06 | 1,63 | 5,38 | 4,28 | 3,17 | 0,00 | 1,91 | 4,05 |
| | | | | | | | 4,28 | 1,91 | | | | | |

• **Carta de Control X**

La pieza N° 4 presentó una media de las medias de los cargos analizados de 4,28 μm donde se espera que las medias del espesor de la capa de 5 piezas varíen entre 3,18 y 5,38 μm .

Figura 19

Gráfico X Media Pieza N° 4.



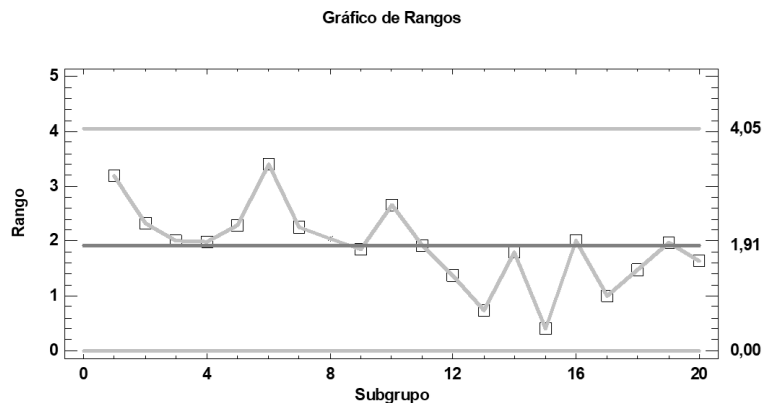
Fuente: Elaboración Propia.

• **Carta de Control R**

Se puede observar que la media de los rangos del espesor de capa de los cargos analizados fue de 1,91 μm , donde se espera que los rangos de los cargos de 5 piezas analizados varíe entre 0 y 4,05 μm .

Figura 20

Gráfico R Media Pieza N° 4.



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2.1.6 Pieza N° 11

La pieza N° 11 presentó las siguientes mediciones de capa para un total de 100 muestras conformadas por 20 cargas de 5 piezas cada uno.

Tabla 12

Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 11.

| CARGA S | MEDICIONES ESPESOR CAPA | | | | | MEDI A | RANGO | LÍMITE LCI | LÍMITE LCS | LÍMITE CENTRA | | LÍMITE LCS | |
|------------|----------------------------|------|------|------|------|-----------|-------|---------------|---------------|------------------|---------|---------------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | L MEDIA | L RANGO | | |
| 1 | 3,70 | 4,78 | 4,78 | 3,52 | 3,37 | 4,03 | 1,41 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 2 | 3,58 | 5,66 | 6,80 | 4,62 | 4,38 | 5,01 | 3,22 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 3 | 6,14 | 4,40 | 4,56 | 6,26 | 3,46 | 4,96 | 2,80 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 4 | 3,44 | 4,04 | 6,66 | 4,08 | 3,94 | 4,43 | 3,22 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 5 | 4,34 | 3,64 | 3,72 | 3,20 | 4,74 | 3,93 | 1,54 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 6 | 3,05 | 5,02 | 5,08 | 5,86 | 4,33 | 4,67 | 2,81 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 7 | 3,43 | 6,40 | 3,90 | 4,88 | 6,66 | 5,05 | 3,23 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 8 | 3,92 | 4,56 | 4,90 | 3,34 | 5,24 | 4,39 | 1,90 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 9 | 3,88 | 4,52 | 3,66 | 3,08 | 6,44 | 4,32 | 3,36 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 10 | 5,22 | 4,25 | 6,96 | 6,14 | 5,88 | 5,69 | 2,71 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 11 | 4,64 | 3,20 | 4,16 | 3,56 | 3,24 | 3,76 | 1,44 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 12 | 4,00 | 4,96 | 3,88 | 5,74 | 4,20 | 4,56 | 1,86 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 13 | 5,08 | 7,54 | 6,92 | 5,04 | 3,25 | 5,57 | 4,29 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |

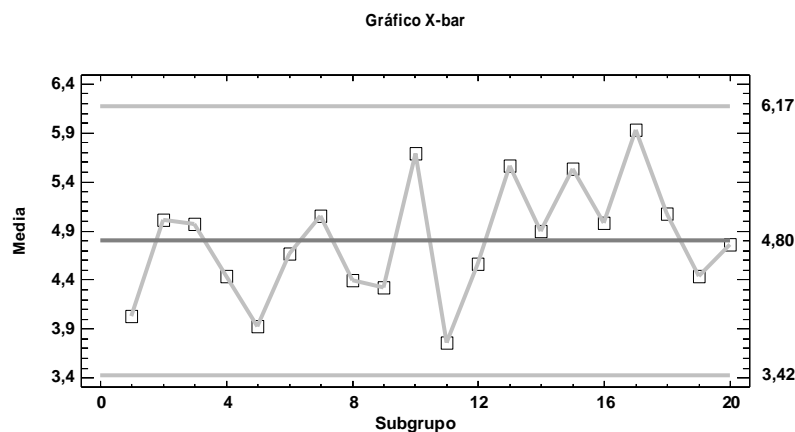
| | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|
| 14 | 5,74 | 4,92 | 4,55 | 4,69 | 4,60 | 4,90 | 1,19 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 15 | 6,12 | 7,32 | 5,04 | 4,66 | 4,54 | 5,54 | 2,78 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 16 | 4,54 | 5,20 | 6,12 | 3,32 | 5,72 | 4,98 | 2,80 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 17 | 5,46 | 5,86 | 5,96 | 6,83 | 5,54 | 5,93 | 1,37 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 18 | 6,66 | 3,46 | 4,56 | 5,50 | 5,20 | 5,08 | 3,20 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 19 | 4,16 | 5,14 | 4,80 | 3,35 | 4,70 | 4,43 | 1,79 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| 20 | 4,46 | 4,76 | 4,92 | 4,46 | 5,22 | 4,76 | 0,76 | 6,17 | 4,80 | 3,42 | 0,00 | 2,38 | 5,04 |
| | | | | | | | 4,80 | 2,38 | | | | | |

• **Carta de Control X**

La pieza N° 11 presentó una media de las medias de los cargos analizados de 4,80 μm donde se espera que las medias del espesor de la capa de 5 piezas varíen entre 3,42 y 6,17 μm .

Figura 21

Gráfico X Media Pieza N° 11.



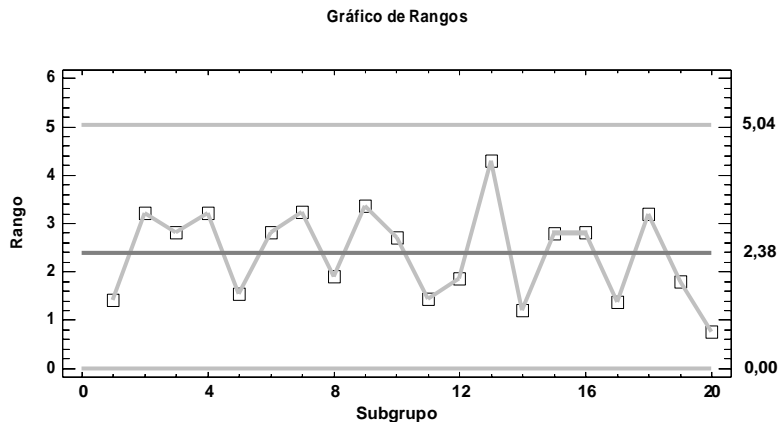
Fuente: Elaboración Propia.

• **Carta de Control R**

Se puede observar que la media de los rangos del espesor de capa de los cargos analizados fue de 2,38 μm , donde se espera que los rangos de los cargos de 5 piezas analizados varíen entre 0 y 5,04 μm .

Figura 22

Gráfico R Media Pieza N° 11.



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2.1.7 Pieza N° 13

La pieza N° 13 presentó las siguientes mediciones de capa para un total de 100 muestras conformadas por 20 cargas de 5 piezas cada uno.

Tabla 13

Mediciones del espesor de capa de la pieza N° 13.

| CARGA S | MEDICIONES ESPESOR CAPA | | | | | | MEDI A | RANGO | LCI | LÍMITE | | | LÍMITE | | |
|---------|-------------------------|------|-------|------|------|------|--------|-------|------|---------|------|------|--------|---------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | L MEDIA | LCS | LCI | LCS | L RANGO | |
| 1 | 9,32 | 6,64 | 6,92 | 6,40 | 9,54 | 7,76 | 3,14 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 2 | 6,86 | 6,74 | 9,12 | 5,96 | 7,70 | 7,28 | 3,16 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 3 | 4,96 | 6,28 | 6,42 | 7,64 | 5,07 | 6,07 | 2,68 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 4 | 7,50 | 8,30 | 8,30 | 8,77 | 9,66 | 8,51 | 2,16 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 5 | 6,84 | 8,04 | 8,38 | 7,54 | 7,42 | 7,64 | 1,54 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 6 | 4,46 | 7,14 | 6,54 | 4,70 | 6,38 | 5,84 | 2,68 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 7 | 5,75 | 8,22 | 8,00 | 9,96 | 7,28 | 7,84 | 4,21 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 8 | 6,10 | 7,12 | 9,18 | 7,45 | 7,45 | 7,46 | 3,08 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 9 | 10,92 | 7,18 | 6,82 | 8,04 | 8,22 | 8,24 | 4,10 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 10 | 7,26 | 6,48 | 6,82 | 5,60 | 7,18 | 6,54 | 1,66 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 11 | 4,72 | 3,75 | 5,22 | 5,40 | 6,90 | 5,20 | 3,15 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 12 | 7,70 | 5,56 | 3,80 | 6,13 | 6,73 | 5,98 | 3,90 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 13 | 6,18 | 6,10 | 3,35 | 7,13 | 5,23 | 5,60 | 3,78 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |
| 14 | 6,20 | 7,34 | 10,42 | 5,08 | 9,66 | 7,74 | 5,34 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 | | |

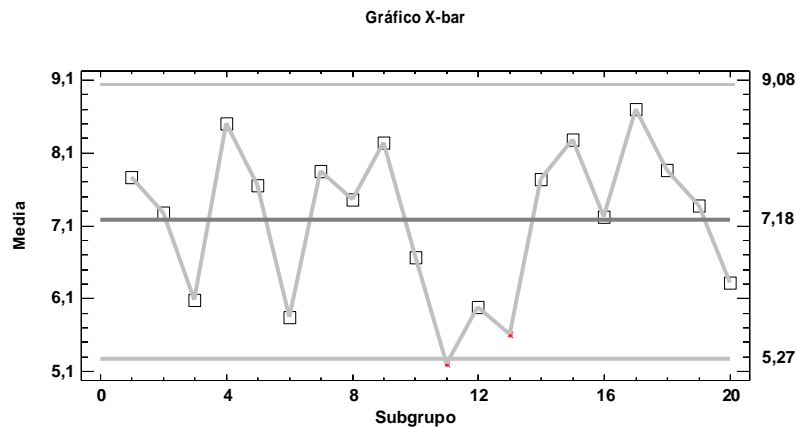
| | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|-------|-------|------|-------|------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|
| 15 | 9,37 | 5,66 | 10,68 | 6,85 | 8,82 | 8,28 | 5,02 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 |
| 16 | 7,40 | 7,13 | 7,17 | 7,10 | 7,32 | 7,22 | 0,30 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 |
| 17 | 6,73 | 10,03 | 8,13 | 8,03 | 10,57 | 8,70 | 3,84 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 |
| 18 | 8,47 | 9,45 | 6,13 | 7,00 | 8,23 | 7,86 | 3,32 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 |
| 19 | 4,90 | 8,40 | 7,47 | 6,03 | 10,03 | 7,37 | 5,13 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 |
| 20 | 8,10 | 7,50 | 5,85 | 5,87 | 4,25 | 6,31 | 3,85 | 9,08 | 7,17 | 5,27 | 0,00 | 3,30 | 6,98 |
| | | | | | | | 7,17 | 3,30 | | | | | |

• **Carta de Control X**

La pieza N° 13 presentó una media de las medias de los cargas analizados de 7,17 μm donde se espera que las medias del espesor de la capa de 5 piezas varíen entre 5,27 y 9,08 μm .

Figura 23

Gráfico X Media Pieza N° 13



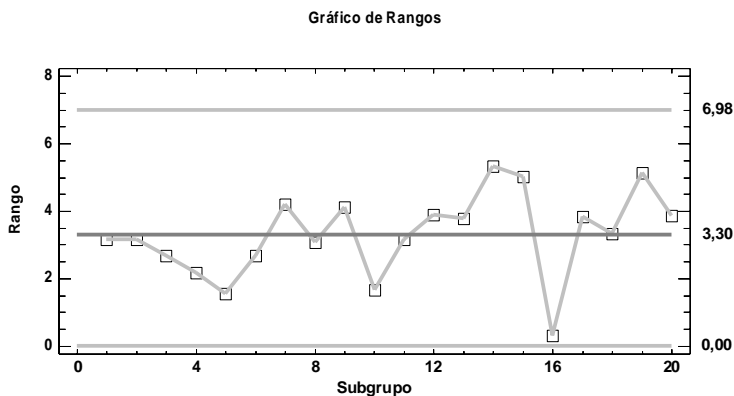
Fuente: Elaboración Propia.

• **Carta de Control R**

Se puede observar que la media de los rangos del espesor de capa de los cargas analizados fue de 3,30 μm , donde se espera que los rangos de los cargas de 5 piezas analizados varíen entre 0 y 6,98 μm .

Figura 24

Gráfico R Media Pieza N° 13.



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2.2 Atributos

7.3.2.2.1 Pieza N° 10

Al analizar la pieza N° 10 no se encontraron defectos, por lo que no se realizó la carta de control C.

7.3.2.2.2 Pieza N° 8

Al analizar la pieza N° 8 se pudo observar el siguiente total de defectos por carga analizado, correspondiente a la tabla 15. En este aspecto, se analizó el universo de piezas de cada carga correspondiente a 425 piezas.

Tabla 14

Total de defectos de la pieza N° 8.

| DEFECTOS | | | | |
|----------|-----------|-----------|-------|-------|
| CARGAS | POR CARGA | \bar{c} | LCI | LCS |
| 1 | 1 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 2 | 2 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 3 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 4 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 5 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 6 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |

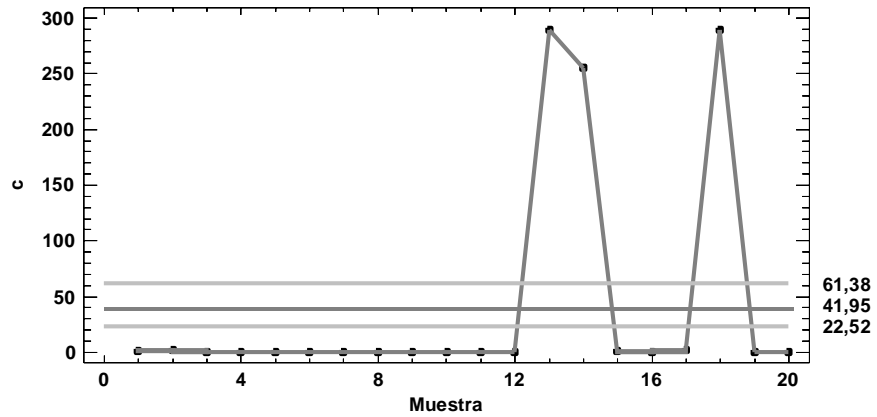
| | | | | |
|----------|-----|-------|-------|-------|
| 7 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 8 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 9 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 10 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 11 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 12 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 13 | 289 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 14 | 255 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 15 | 1 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 16 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 17 | 2 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 18 | 289 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 19 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| 20 | 0 | 41,95 | 22,52 | 61,38 |
| Subtotal | 839 | | | |

Es así que, basándose en la información detallada con anterioridad se procedió a realizar la carta c. En este aspecto, se espera que el promedio de defectos por carga de la pieza N° 8 oscile entre 23 y 62 defectos con un límite central en 42 defectos por carga.

En este aspecto, como se puede observar en la figura 29 los defectos por carga exceden los límites de control establecidos, esto debido a la variabilidad existente entre los defectos.

Figura 25

Gráfico C de la pieza N° 8.



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2.2.3 Pieza N° 23

Al analizar la pieza N° 23 se pudo observar el siguiente total de defectos por carga analizado, correspondiente a la tabla 16. En este aspecto, se analizó el universo de piezas de cada carga correspondiente a 600 piezas.

Tabla 15

Total de defectos de la pieza N° 23.

| DEFECTOS | | | | |
|----------|-----------|-----------|------|------|
| CARGAS | POR CARGA | \bar{c} | LCI | LCS |
| 1 | 4 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 2 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 3 | 1 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 4 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 5 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 6 | 1 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 7 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 8 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 9 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 10 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 11 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 12 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |

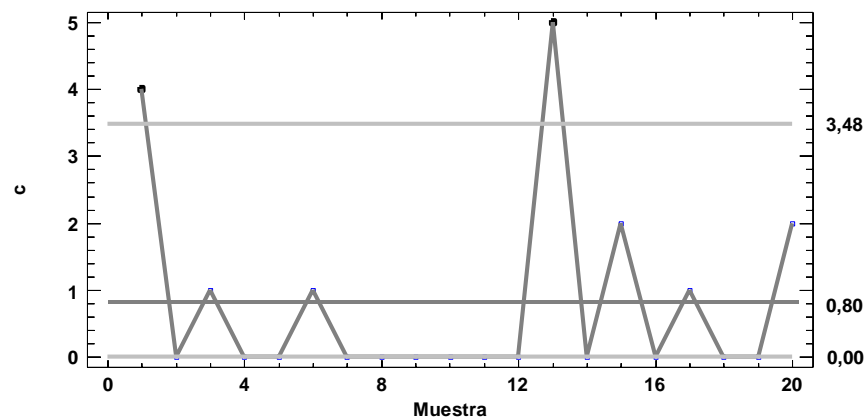
| | | | | |
|----------|----|-----|------|------|
| 13 | 5 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 14 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 15 | 2 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 16 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 17 | 1 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 18 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 19 | 0 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| 20 | 2 | 0,8 | 0,00 | 3,48 |
| Subtotal | 16 | | | |

Es así que, basándose en la información detallada con anterioridad se procedió a realizar la carta c. En este aspecto, se espera que el promedio de defectos por carga de la pieza N° 23 oscile entre 0 y 4 con un límite central en 1 defectos por carga.

En este aspecto, como se puede observar en la figura 30 los defectos de las cargas 1 y 13 exceden el límite superior.

Figura 26

Gráfico C de la pieza N° 23.



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2.2.4 Pieza N° 9

Al analizar la pieza N° 9 se pudo observar el siguiente total de defectos por carga analizado, correspondiente a la tabla 17. En este aspecto, se analizó el universo de piezas de cada carga correspondiente a 375 piezas.

Tabla 16

Total de defectos de la pieza N° 9.

| CARGAS | DEFECTOS | | | |
|----------|-----------|-----------|------|------|
| | POR CARGA | \bar{c} | LCI | LCS |
| 1 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 2 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 3 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 4 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 5 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 6 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 7 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 8 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 9 | 1 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 10 | 4 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 11 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 12 | 1 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 13 | 2 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 14 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 15 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 16 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 17 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 18 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 19 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| 20 | 0 | 0,4 | 0,00 | 2,30 |
| Subtotal | 8 | | | |

Es así que, basándose en la información detallada con anterioridad se procedió a realizar la carta C. Por lo tanto, se espera que el promedio de defectos por carga de la pieza N° 9 oscile entre 0 y 3 con un límite central en 1 defectos por carga.

En este aspecto, como se puede observar en la figura 31 los defectos de la carga 10 excede el límite superior. En cuanto al límite inferior, ningún defecto por carga supera el límite establecido.

Figura 27

Gráfico C de la pieza N° 9.



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2.2.5 Pieza N° 4

Al analizar la pieza N° 4 se pudo observar el siguiente total de defectos por carga analizado, correspondiente a la tabla 18. En este aspecto, se analizó el universo de piezas de cada carga correspondiente a 300 piezas.

Tabla 17

Total de defectos de la pieza N° 4.

| DEFECTOS | | | | |
|----------|-----|-----------|-----|-----|
| CARGAS | POR | \bar{c} | LCI | LCS |
| CARGA | | | | |

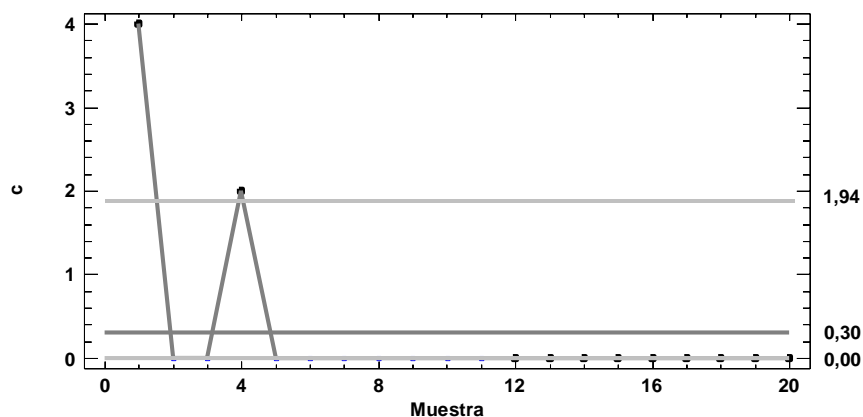
| | | | | |
|----------|---|-----|------|------|
| 1 | 4 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 2 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 3 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 4 | 2 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 5 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 6 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 7 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 8 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 9 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 10 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 11 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 12 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 13 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 14 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 15 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 16 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 17 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 18 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 19 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| 20 | 0 | 0,3 | 0,00 | 1,94 |
| Subtotal | 6 | | | |

De esta forma, basándose en la información detallada con anterioridad se procedió a realizar la carta c. Por lo tanto, se espera que el promedio de defectos por carga de la pieza N° 9 oscile entre 0 y 0,01 con un límite central en 0,001 defectos por carga.

En este aspecto, como se puede observar en la figura 32 los defectos por carga de cada de la carga 1 y 4 exceden el límite superior, esto es debido a que son las únicas cargas en las al analizar se encontraron defectos.

Figura 28

Gráfico C de la pieza N° 4.



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2.2.6 Pieza N° 11

Al analizar la pieza N° 11 se pudo observar que no existen defectos por lo que no se realizó la carta c.

7.3.2.2.7 Pieza N° 13

Al analizar la pieza N° 13 se pudo observar el siguiente total de defectos por carga analizado, correspondiente a la tabla 20. En este aspecto, se analizó el universo de piezas de cada carga correspondiente a 975 piezas.

Tabla 18

Total de defectos de la pieza N° 13.

| CARGAS | DEFECTOS | | | |
|--------|-----------|-----------|------|------|
| | POR CARGA | \bar{c} | LCI | LCS |
| 1 | 0 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 2 | 0 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 3 | 0 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 4 | 2 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 5 | 2 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 6 | 0 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 7 | 4 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |

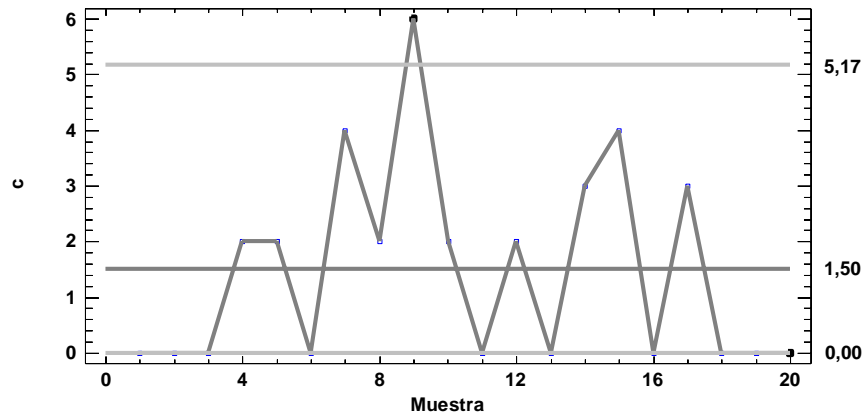
| | | | | |
|----------|---|-----|------|------|
| 8 | 2 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 9 | 6 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 10 | 2 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 11 | 0 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 12 | 2 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 13 | 0 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 14 | 3 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 15 | 4 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 16 | 0 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 17 | 3 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 18 | 0 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 19 | 0 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| 20 | 0 | 1,5 | 0,00 | 5,17 |
| Subtotal | | 30 | | |

Es así que, basándose en la información detallada con anterioridad se procedió a realizar la carta c. Por lo tanto, se espera que el promedio de defectos por carga de la pieza N° 9 oscile entre 0 y 6 con un límite central en 2 defectos por carga.

En este aspecto, como se puede observar en la figura 34 los defectos de la carga 9 supera el límite superior. En cuanto al resto de defectos por carga se encuentran dentro de los límites de control establecidos.

Figura 29

Gráfico C de la pieza N° 13.



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.3 Índices de capacidad del proceso de galvanizado para cumplir el espesor de la capa de galvanizado.

7.3.3.1 Pieza N ° 10

En este aspecto, la pieza N° 10 presentó la siguiente información detallada en la tabla 21, donde se puede apreciar las medias de las medias, el rango y sus especificaciones.

Tabla 19

Mediciones media, límites y especificaciones de la pieza N°10.

| CARGAS | MEDIA | RANGO | ES | EI |
|--------|-------|-------|------|------|
| 1 | 5,93 | 3,20 | 9,00 | 3,00 |
| 2 | 4,31 | 1,96 | 9,00 | 3,00 |
| 3 | 5,74 | 2,18 | 9,00 | 3,00 |
| 4 | 5,08 | 1,68 | 9,00 | 3,00 |
| 5 | 5,26 | 2,74 | 9,00 | 3,00 |
| 6 | 5,16 | 2,52 | 9,00 | 3,00 |
| 7 | 4,55 | 1,91 | 9,00 | 3,00 |
| 8 | 4,80 | 3,65 | 9,00 | 3,00 |
| 9 | 4,99 | 1,64 | 9,00 | 3,00 |
| 10 | 4,84 | 1,18 | 9,00 | 3,00 |

| | | | | |
|----|-------------|-------------|------|------|
| 11 | 5,21 | 1,58 | 9,00 | 3,00 |
| 12 | 5,74 | 3,04 | 9,00 | 3,00 |
| 13 | 6,23 | 5,30 | 9,00 | 3,00 |
| 14 | 5,84 | 2,90 | 9,00 | 3,00 |
| 15 | 5,22 | 2,78 | 9,00 | 3,00 |
| 16 | 6,76 | 3,44 | 9,00 | 3,00 |
| 17 | 6,18 | 4,02 | 9,00 | 3,00 |
| 18 | 4,68 | 2,04 | 9,00 | 3,00 |
| 19 | 4,86 | 2,41 | 9,00 | 3,00 |
| 20 | 5,80 | 3,30 | 9,00 | 3,00 |
| | 5,36 | 2,67 | | |

En este aspecto, como se observa en tabal 22, las especificaciones de fábrica en las que se debe encontrar el espesor de capa de la pieza n° 10 se encuentra entre 3 y 9 μm .

Tabla 20

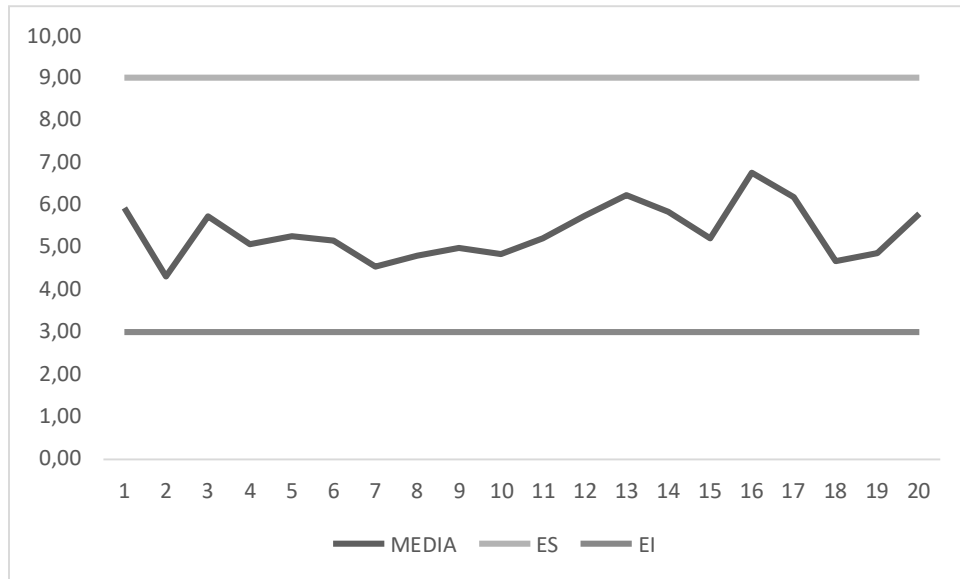
Especificaciones pieza N° 10.

| Especificacione | |
|-----------------|------|
| s | |
| ES | 9,00 |
| Ei | 3,00 |
| N | 6 |

En este aspecto, se puede observar en la figura 35 la representación gráfica de las especificaciones y la media.

Figura 30

Relación entre la media del espesor de capa y sus especificaciones de la pieza n° 10.



Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, en cuanto a las medidas de tendencia central de la pieza N° 10, se pudo observar que el espesor promedio de la pieza N°10 fue de 5,36 μm .

Tabla 21

Medidas de tendencia central pieza N° 10.

| Medidas de tendencia central | |
|------------------------------|------|
| Media | 5,36 |

De este modo, el índice de capacidad del proceso se situó en el valor de 0,87 por lo que la capacidad del proceso no es adecuada para el trabajo esto debido a que la variación real (6,89 μm) es mayor que la variación tolerada (6 μm) para la pieza N° 10.

Por otra parte, al analizar el índice Cpk se pudo observar que el proceso no es capaz, debido a que el valor 0,68 es menor a 1,25. Añadiendo a lo anterior, como $Cpk < 1$ entonces el proceso tampoco se encuentra cumpliendo con al menos una de las especificaciones. En este aspecto, el proceso no se encuentra cumpliendo ni con la especificación superior ni inferior debido a que $Cpi < 1,25$ y $Cps < 1,25$. En esta misma línea, se pudo observar Cpk es menor en un 27% al valor de Cp debido a que la media del proceso 5,36 μm se encuentra alejada de del centro de especificaciones 6 μm .

Con relación al índice K, se pudo observar que éste valor fue de -0,21 indicando que la media del proceso es menor al nominal. Además, al ser su valor absoluto mayor que 20%, manifiesta que el proceso se encuentra muy descentrado contribuyendo de esta manera a que su capacidad del proceso sea baja a la hora de cumplir con las especificaciones. De esta forma, y como se observa en la figura 16, la media del proceso se encuentra desviada un 21% a la izquierda respecto a su valor nominal, generando baja capacidad del proceso a la hora de cumplir con la especificación inferior.

Así mismo, como se puede observar en la tabla 25 el índice C_{pm} fue de 0,76 y al ser menor a uno, muestra que el proceso no se encuentra cumpliendo con las especificaciones debido a que el proceso no se encuentra centrado.

Tabla 22

Índices de capacidad de la pieza N° 10.

| Índices | de |
|----------|-----------|
| | capacidad |
| C_p | 0,85 |
| C_{pi} | 0,68 |
| C_{ps} | 1,02 |
| C_{pk} | 0,68 |
| K | -0,20 |
| C_{pm} | 0,75 |

Con relación a lo explicado con anterioridad, se pudo observar que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación superior es del 0,0077 % mientras que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación inferior es del 2,00%. Por lo tanto, el porcentaje fuera de especificaciones es de 2,5% dando como resultado 20839 piezas defectuosas por cada millón producido.

Tabla 23

Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 10.

| Especificación | Z | % | Porcentaje dentro de especificaciones | Porcentaje fuera de especificaciones | PPM |
|----------------|-------|---------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------|
| 9,00 | 3,17 | 0,077% | 97,916% | 2,084% | 20.838,57 |
| 3,00 | -2,05 | 2,0071% | | | |

7.3.3.2 Pieza N° 8

En este aspecto, la pieza N° 8 presentó la siguiente información detallada en la tabla 27, donde se puede apreciar las medias de las medias, el rango y sus especificaciones.

Tabla 24

Mediciones media, límites y especificaciones de la pieza N°8.

| CARGAS | MEDIA | RANGO | ES | EI |
|--------|-------|-------|------|------|
| 1 | 4,78 | 2,70 | 9,00 | 3,00 |
| 2 | 5,49 | 0,44 | 9,00 | 3,00 |
| 3 | 5,54 | 1,34 | 9,00 | 3,00 |
| 4 | 5,95 | 1,84 | 9,00 | 3,00 |
| 5 | 6,06 | 3,34 | 9,00 | 3,00 |
| 6 | 6,03 | 1,12 | 9,00 | 3,00 |
| 7 | 4,96 | 1,56 | 9,00 | 3,00 |
| 8 | 4,29 | 1,56 | 9,00 | 3,00 |
| 9 | 4,20 | 0,94 | 9,00 | 3,00 |
| 10 | 5,70 | 3,40 | 9,00 | 3,00 |
| 11 | 5,23 | 1,22 | 9,00 | 3,00 |
| 12 | 4,66 | 0,44 | 9,00 | 3,00 |
| 13 | 4,35 | 1,30 | 9,00 | 3,00 |
| 14 | 5,28 | 1,52 | 9,00 | 3,00 |
| 15 | 4,55 | 1,62 | 9,00 | 3,00 |
| 16 | 5,75 | 2,92 | 9,00 | 3,00 |
| 17 | 5,40 | 2,51 | 9,00 | 3,00 |

| | | | | |
|----|-------------|-------------|------|------|
| 18 | 5,48 | 1,15 | 9,00 | 3,00 |
| 19 | 4,99 | 1,10 | 9,00 | 3,00 |
| 20 | 4,97 | 2,20 | 9,00 | 3,00 |
| | 5,18 | 1,71 | | |

En este aspecto, como se observa en tabla 28, las especificaciones de fábrica en las que se debe encontrar el espesor de capa de la pieza n° 8 se encuentra entre 3 y 9 μm .

Tabla 25

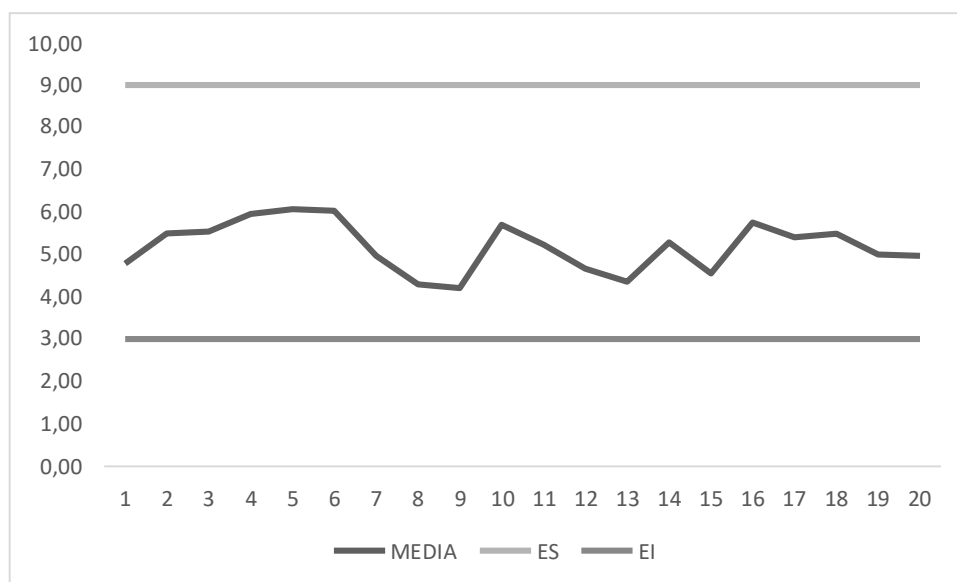
Especificaciones pieza N° 8.

| Especificaciones | |
|------------------|------|
| ES | 9,00 |
| Ei | 3,00 |
| N | 6 |

En este aspecto, se puede observar en la figura 37 la representación gráfica de las especificaciones y la media de espesor de capa de la pieza n°8.

Figura 31

Relación entre la media del espesor de capa y especificaciones de la pieza N° 8.



Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, en cuanto a las medidas de tendencia central de la pieza N° 8, se pudo observar que el espesor promedio de la pieza N°10 fue de 5,18 μm .

Tabla 26

Medidas de tendencia central pieza N° 8.

| Medidas de tendencia central | |
|---------------------------------|----------|
| Media | 5,1 8 |

De este modo, el índice de capacidad del proceso se situó en el valor de 1,36 por lo que la capacidad del proceso es parcialmente adecuada para el trabajo esto debido a que la variación real (4,41 μm) es menor que la variación tolerada (6 μm) para la pieza N° 8.

Por otra parte, al analizar el índice C_{pk} se pudo observar que el proceso no es capaz, debido a que el valor 0,99 es menor a 1,25. Añadiendo a lo anterior, como se observa en la tabla 31, $C_{pk} < 1$ por lo que el proceso tampoco se encuentra cumpliendo con al menos una de las especificaciones. En este aspecto, el proceso no se encuentra cumpliendo con la especificación inferior ni superior debido a que $C_{pi} < 1,25$ y $C_{ps} < 1,25$. En esta misma línea, se pudo observar C_{pk} es menor en un 37,3% al valor de C_p debido a que la media del proceso (5,18 μm) se encuentra alejada de del centro de especificaciones (6 μm).

Con relación al índice K, se pudo observar que éste valor fue de -0,27 indicando que la media del proceso es menor al nominal. Además, al ser su valor absoluto mayor que 20%, manifiesta que el proceso se encuentra muy descentrado contribuyendo de esta manera a que su capacidad del proceso sea baja a la hora de cumplir con las especificaciones. De esta forma, y como se observa en la figura 25, la media del proceso se encuentra desviada un 27% a la izquierda respecto a su valor nominal, generando baja capacidad del proceso a la hora de cumplir con la especificación inferior.

Así mismo, como se puede observar en la tabla 27 el índice C_{pm} fue de 0,91 y al ser menor a uno, muestra que el proceso no se encuentra cumpliendo con las especificaciones debido a que el proceso no se encuentra centrado.

Tabla 27

Índices de capacidad de la pieza N° 8.

Melissa Lisbeth Gallardo Apolo

| Índices | de capacidad |
|----------|--------------|
| C_p | 1,36 |
| C_{pi} | 0,99 |
| C_{ps} | 1,73 |
| C_{pk} | 0,99 |
| K | -0,27 |
| C_{pm} | 0,91 |

Con relación a lo explicado con anterioridad, se pudo observar que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación superior es del 0,00% mientras que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación inferior es del 0,14%. Por lo tanto, el porcentaje fuera de especificaciones es de 0,15% dando como resultado 1494 piezas defectuosas por cada millón producido.

Tabla 28

Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 8.

| Especificación n | Z | % | Porcentaje dentro de especificaciones | Porcentaje fuera de especificaciones | CPM |
|---------------------|-------|---------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| 9,00 | 5,19 | 0,000% | 99,851% | 0,15% | 1493,23 |
| 3,00 | -2,97 | 0,1493% | | | |

7.3.3.3 Pieza N° 23

En este aspecto, la pieza N° 23 presentó la siguiente información detallada en la tabla 33, donde se puede apreciar las medias de las medias, el rango y sus especificaciones.

Tabla 29

Mediciones media, rango y especificaciones de la pieza N° 23.

| CARGAS | MEDIA | RANGO | ES | EI |
|--------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 8,99 | 3,24 | 11,00 | 3,00 |

| | | | | |
|----|-------------|-------------|-------|------|
| 2 | 6,72 | 4,18 | 11,00 | 3,00 |
| 3 | 9,36 | 1,72 | 11,00 | 3,00 |
| 4 | 8,68 | 3,30 | 11,00 | 3,00 |
| 5 | 7,91 | 1,56 | 11,00 | 3,00 |
| 6 | 8,68 | 4,80 | 11,00 | 3,00 |
| 7 | 9,67 | 1,71 | 11,00 | 3,00 |
| 8 | 6,53 | 4,32 | 11,00 | 3,00 |
| 9 | 6,48 | 4,38 | 11,00 | 3,00 |
| 10 | 9,14 | 2,94 | 11,00 | 3,00 |
| 11 | 9,16 | 3,43 | 11,00 | 3,00 |
| 12 | 8,61 | 1,28 | 11,00 | 3,00 |
| 13 | 8,51 | 5,51 | 11,00 | 3,00 |
| 14 | 7,46 | 2,76 | 11,00 | 3,00 |
| 15 | 8,57 | 4,76 | 11,00 | 3,00 |
| 16 | 8,42 | 3,84 | 11,00 | 3,00 |
| 17 | 8,20 | 6,22 | 11,00 | 3,00 |
| 18 | 7,76 | 3,02 | 11,00 | 3,00 |
| 19 | 8,43 | 5,34 | 11,00 | 3,00 |
| 20 | 8,69 | 2,30 | 11,00 | 3,00 |
| | 8,30 | 3,53 | | |

En este aspecto, como se observa en tabla 34, las especificaciones de fábrica en las que se debe encontrar el espesor de capa de la pieza n° 23 se encuentra entre 3 y 11 μm .

Tabla 30

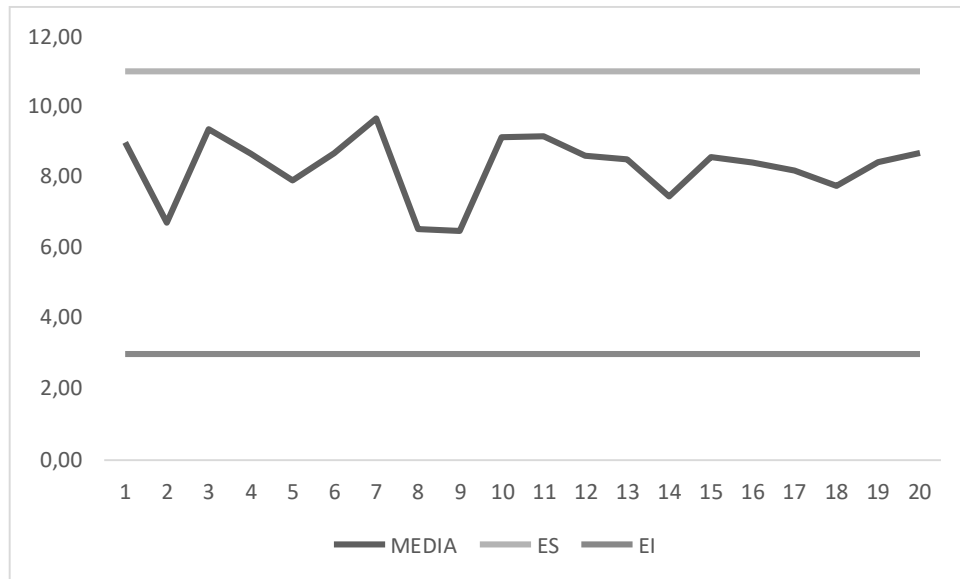
Especificaciones pieza N° 23.

| | |
|-------|-------|
| Datos | |
| ES | 11,00 |
| Ei | 3,00 |
| N | 7,00 |

En este aspecto, se puede observar en la figura 39 la representación gráfica de las especificaciones y la media de espesor de capa de cada carga.

Figura 32

Relación entre la media del espesor de capa, especificaciones y límites realza de la pieza N° 23.



Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, en cuanto a las medidas de tendencia central de la pieza N° 23, se pudo observar que el espesor promedio de la pieza N°10 fue de 8,3 μm.

Tabla 31

Medidas de tendencia central pieza N° 23.

| Medidas de tendencia central | |
|------------------------------|------|
| Media | 8,30 |

De este modo, el índice Cp fue 0,88 por lo que la capacidad del proceso no es adecuada para el trabajo esto debido a que la variación real (9,10 μm) es mayor que la variación tolerada (8 μm) para la pieza N° 23.

Por otra parte, al analizar el índice Cpk se pudo observar que el proceso no es capaz, debido a que el valor 0,59 es menor a 1,25. Añadiendo a lo anterior, como se observa en la tabla 33, $Cpk < 1$ por lo que el proceso tampoco se encuentra cumpliendo con al menos una de las especificaciones. En este aspecto, el proceso no se encuentra cumpliendo con la especificación inferior ni superior debido a que $Cpi < 1,08$ y $Cps < 0,55$. En esta misma línea, se pudo observar Cpk es menor en un 48% al valor de Cp debido a que la media del proceso ($8,30 \mu m$) se encuentra alejada de del centro de especificaciones ($7 \mu m$).

Con relación al índice K , se pudo observar que éste valor fue de 0,32 indicando que la media del proceso es mayor al nominal. Además, al ser su valor absoluto mayor que 20%, manifiesta que el proceso se encuentra muy descentrado contribuyendo de esta manera a que su capacidad del proceso sea baja a la hora de cumplir con las especificaciones. De esta forma, y como se observa en la figura 27, la media del proceso se encuentra desviada un 32% a la derecha respecto a su valor nominal, generando baja capacidad del proceso a la hora de cumplir con la especificación inferior.

Así mismo, como se puede observar en la tabla 37 el índice Cpm fue de 0,67 y al ser menor a uno, muestra que el proceso no se encuentra cumpliendo con las especificaciones debido a que el proceso no se encuentra centrado.

Tabla 32

Índices de capacidad de la pieza N° 23.

| Índices | de capacidad |
|---------|--------------|
| Cp | 0,8 8 |
| Cpi | 1,1 6 |
| Cps | 0,5 9 |
| Cpk | 0,5 9 |

| | |
|-----|-----|
| Cpm | 0,6 |
| | 7 |
| K | 0,3 |
| | 2 |

Con relación a lo explicado con anterioridad, se pudo observar que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación superior es del 3,75% mientras que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación inferior es del 0,02%. Por lo tanto, el porcentaje fuera de especificaciones es de 3,77% dando como resultado 37767 piezas defectuosas por cada millón producido.

Tabla 33

Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 23.

| Especificación n | Z | % | Porcentaje dentro de especificaciones | Porcentaje fuera de especificaciones | PPM |
|---------------------|-------|---------|---|--|-----------|
| 11,00 | 1,78 | 3,752% | 96,223% | 3,777% | |
| 3,00 | -3,49 | 0,0241% | | | 37.766,03 |

7.3.3.4 Pieza N° 9

En este aspecto, la pieza N° 9 presentó la siguiente información detallada en la tabla 39, donde se puede apreciar las medias de las medias, el rango y sus especificaciones.

Tabla 34

Mediciones media, rango y especificaciones de la pieza N°9.

| CARGA S | MEDI A | RANG O | ES | EI |
|------------|-----------|-----------|------|------|
| 1 | 3,66 | 0,48 | 9,00 | 3,00 |
| 2 | 4,79 | 1,90 | 9,00 | 3,00 |
| 3 | 5,12 | 1,58 | 9,00 | 3,00 |

| | | | | |
|----|-------------|-------------|------|------|
| 4 | 5,61 | 2,66 | 9,00 | 3,00 |
| 5 | 4,62 | 2,18 | 9,00 | 3,00 |
| 6 | 5,48 | 2,10 | 9,00 | 3,00 |
| 7 | 5,69 | 2,02 | 9,00 | 3,00 |
| 8 | 5,65 | 2,40 | 9,00 | 3,00 |
| 9 | 5,69 | 2,80 | 9,00 | 3,00 |
| 10 | 4,69 | 2,66 | 9,00 | 3,00 |
| 11 | 5,30 | 2,18 | 9,00 | 3,00 |
| 12 | 3,66 | 1,06 | 9,00 | 3,00 |
| 13 | 4,22 | 1,66 | 9,00 | 3,00 |
| 14 | 3,63 | 1,30 | 9,00 | 3,00 |
| 15 | 5,18 | 3,13 | 9,00 | 3,00 |
| 16 | 4,24 | 2,00 | 9,00 | 3,00 |
| 17 | 3,61 | 1,90 | 9,00 | 3,00 |
| 18 | 3,79 | 2,70 | 9,00 | 3,00 |
| 19 | 3,56 | 0,60 | 9,00 | 3,00 |
| 20 | 3,84 | 1,60 | 9,00 | 3,00 |
| | 4,60 | 1,95 | | |

En este aspecto, como se observa en tabla 40, las especificaciones de fábrica en las que se debe encontrar el espesor de capa de la pieza n° 9 se encuentra entre 3 y 9 μm .

Tabla 35

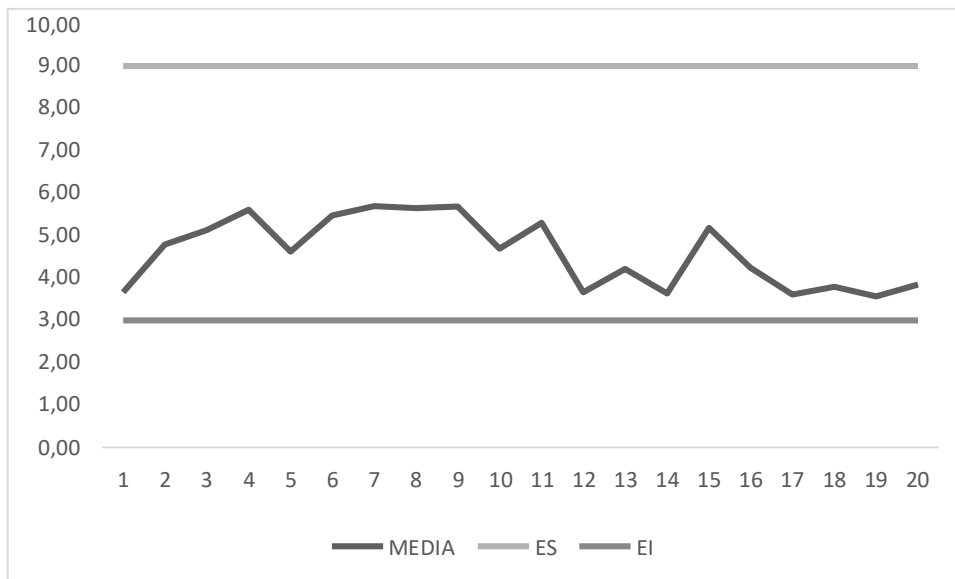
Especificaciones pieza N° 9.

| Especificaciones | |
|------------------|------|
| ES | 9,00 |
| Ei | 3,00 |
| N | 6,00 |

Así mismo, se puede observar en la figura 41 la representación gráfica de las especificaciones y las medias de espesor de capa de las cargas de la pieza N° 0.

Figura 33

Relación entre la media del espesor de capa y especificaciones de la pieza N° 9



Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, en cuanto a las medidas de tendencia central de la pieza N° 9, se pudo observar que el espesor promedio fue de 4,6 µm.

Tabla 36

Medidas de tendencia central pieza N° 9.

| Medidas de tendencia central | |
|------------------------------|-----|
| Media | 4,6 |
| | 0 |

Es así que para la pieza N° 9 el índice Cp fue 1,20 por lo que la capacidad del proceso no es parcialmente adecuada para el trabajo esto debido a que la variación real (5,018 µm) es menor que la variación tolerada (6 µm) para la pieza N° 9.

Por otra parte, al analizar el índice Cpk se pudo observar que el proceso no es capaz, debido a que el valor 0,64 es menor a 1,25. Añadiendo a lo anterior, como se observa en la tabla 40, Cpk < 1 por lo que el proceso tampoco se encuentra cumpliendo con al menos una de las

especificaciones. En este aspecto, el proceso no se encuentra cumpliendo con la especificación inferior debido a que $C_{pi} < 1,25$, sin embargo, $C_{ps} < 1,25$ por lo que el proceso se encuentra cumpliendo de manera adecuada con la especificación superior. En esta misma línea, se pudo observar C_{pk} es menor en un 87% al valor de C_p debido a que la media del proceso ($4,60 \mu\text{m}$) se encuentra muy alejada de del centro de especificaciones ($6\mu\text{m}$).

Con relación al índice K, se pudo observar que éste valor fue de $-0,47$ indicando que la media del proceso es menor al nominal. Además, al ser su valor absoluto mayor que 20%, manifiesta que el proceso se encuentra muy descentrado contribuyendo de esta manera a que su capacidad del proceso sea baja a la hora de cumplir con las especificaciones. De esta forma, y como se observa en la figura 20, la media del proceso se encuentra desviada un 47% a la izquierda respecto a su valor nominal, generando baja capacidad del proceso a la hora de cumplir con la especificación inferior.

Así mismo, como se puede observar en la tabla 40 el índice Cpm fue de 0,61 y al ser menor a uno, muestra que el proceso no se encuentra cumpliendo con las especificaciones debido a que el proceso no se encuentra centrado.

Tabla 37

Índices de capacidad de la pieza N° 9.

| Índices de capacidad | |
|----------------------|-------|
| C_p | 1,20 |
| C_{pi} | 0,64 |
| C_{ps} | 1,75 |
| C_{pk} | 0,64 |
| C_p | 0,61 |
| m | |
| K | -0,47 |

Con relación a lo explicado con anterioridad, se pudo observar que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación superior es del 0,00% mientras que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación inferior es del 2,77%. Por lo tanto, el porcentaje fuera de especificaciones es de 2,77 % dando como resultado 27749 piezas defectuosas por cada millón producido.

Tabla 38

Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 9.

| Especificación | Z | % | Porcentaje dentro de especificaciones | Porcentaje fuera de especificaciones | PPM |
|----------------|------|---------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| 9,0 | 5,3 | 0,000% | 97,225% | 2,77% | 27748,9 |
| 3,0 | -1,9 | 2,7749% | | | |

7.3.3.5 Pieza N° 4

En este aspecto, la pieza N° 4 presentó la siguiente información detallada en la tabla 17, donde se puede apreciar las medias de las medias, el rango y sus especificaciones.

Tabla 39

Mediciones media, rango y especificaciones de la pieza N°4.

| CARGAS | MEDIA | RANGO | ES | EI |
|--------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 5,82 | 2,68 | 10,00 | 3,00 |
| 2 | 5,36 | 2,32 | 10,00 | 3,00 |
| 3 | 4,13 | 2,00 | 10,00 | 3,00 |
| 4 | 4,90 | 1,98 | 10,00 | 3,00 |
| 5 | 4,23 | 2,29 | 10,00 | 3,00 |
| 6 | 4,57 | 3,40 | 10,00 | 3,00 |
| 7 | 4,69 | 2,26 | 10,00 | 3,00 |
| 8 | 3,87 | 2,05 | 10,00 | 3,00 |
| 9 | 4,18 | 1,84 | 10,00 | 3,00 |
| 10 | 4,40 | 2,66 | 10,00 | 3,00 |
| 11 | 4,29 | 1,91 | 10,00 | 3,00 |
| 12 | 3,59 | 1,37 | 10,00 | 3,00 |
| 13 | 3,39 | 0,73 | 10,00 | 3,00 |
| 14 | 5,14 | 1,80 | 10,00 | 3,00 |
| 15 | 4,44 | 0,40 | 10,00 | 3,00 |

| | | | | |
|----|-------------|-------------|-------|------|
| 16 | 3,68 | 2,00 | 10,00 | 3,00 |
| 17 | 4,08 | 1,00 | 10,00 | 3,00 |
| 18 | 4,24 | 1,48 | 10,00 | 3,00 |
| 19 | 3,71 | 1,97 | 10,00 | 3,00 |
| 20 | 4,06 | 1,63 | 10,00 | 3,00 |
| | 4,34 | 1,89 | | |

En este aspecto, como se observa en tabla 43, las especificaciones de fábrica en las que se debe encontrar el espesor de capa de la pieza n° 4 se encuentra entre 3 y 10 μm .

Tabla 40

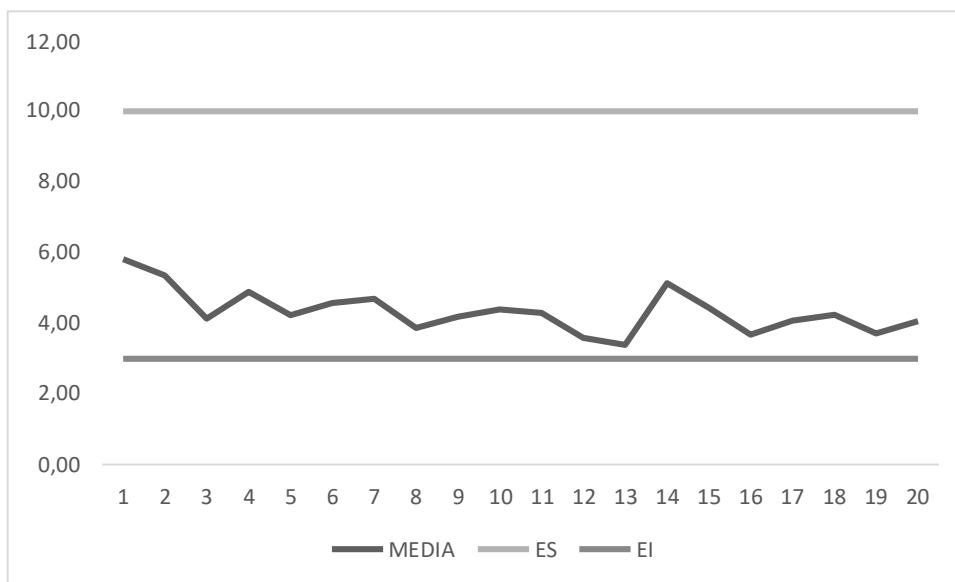
Especificaciones pieza N° 4.

| Especificaciones | |
|------------------|-------|
| s | |
| ES | 10,00 |
| Ei | 3,00 |
| N | 6,50 |

En este aspecto, se puede observar en la figura 44 la representación gráfica de las especificaciones y medias de espesor de capa de la pieza N° 4.

Figura 34

Relación entre la media del espesor de capa y especificaciones de la pieza N° 4.



Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, en cuanto a las medidas de tendencia central de la pieza N° 4, se pudo observar que el espesor promedio fue de 4,34 μm .

Tabla 41

Medidas de tendencia central pieza N° 4.

| Medidas de tendencia central | |
|------------------------------------|-----|
| Media | 4,3 |
| | 4 |

Es así que para la pieza N° 4 el índice C_p fue 1,44 por lo que la capacidad del proceso es adecuado para el trabajo esto debido a que la variación real (4,87 μm) es menor que la variación tolerada (7 μm) para la pieza N° 4.

Por otra parte, al analizar el índice C_{pk} se pudo observar que el proceso no es capaz, debido a que el valor 0,55 es menor a 1,25. Añadiendo a lo anterior, como se observa en la tabla 48, $C_{pk} < 1$ por lo que el proceso tampoco se encuentra cumpliendo con al menos una de las especificaciones. En este aspecto, el proceso no se encuentra cumpliendo con la especificación inferior ni superior debido a que C_{pi} y C_{ps} son menores a 1,25. En esta misma línea, se pudo observar C_{pk} es menor en un 161% al valor de C_p debido a que la media del proceso (4,34 μm) se encuentra muy alejada de del centro de especificaciones (6,50 μm).

Con relación al índice K, se pudo observar que éste valor fue de -0,62 indicando que la media del proceso es menor al nominal. Además, al ser su valor absoluto mayor que 20%, manifiesta que el proceso se encuentra muy descentrado contribuyendo de esta manera a que su capacidad del proceso sea baja a la hora de cumplir con las especificaciones. De esta forma, y como se observa en la figura 32, la media del proceso se encuentra desviada un 62% a la izquierda respecto a su valor nominal, generando baja capacidad del proceso a la hora de cumplir con la especificación inferior.

Así mismo, como se puede observar en la tabla 4u el índice C_{pm} fue de 0,51 y al ser menor a uno, muestra que le proceso no se encuentra cumpliendo con las especificaciones debido a que el proceso no se encuentra centrado.

Tabla 42

Índices de capacidad de la pieza N° 4.

| Índices de capacidad | |
|----------------------|-------|
| Cp | 1,44 |
| Cpi | 0,55 |
| Cps | 2,32 |
| Cpk | 0,55 |
| K | -0,62 |
| Cpm | 0,51 |

Con relación a lo explicado con anterioridad, se pudo observar que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación superior es del 0 % mientras que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación inferior es del 4,95 %. Por lo tanto, el porcentaje fuera de especificaciones es de 5 % dando como resultado 49579 piezas defectuosas por cada millón producido.

Tabla 43

Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 4.

| Especificación | Z | % | Porcentaje dentro de especificaciones | Porcentaje fuera de especificaciones | PPM |
|----------------|-------|---------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------|
| 10,00 | 6,97 | 0,000% | 95,042% | 5,0% | 49.578,57 |
| 3,00 | -1,65 | 4,9579% | | | |

7.3.3.6 Pieza N° 11

En este aspecto, la pieza N° 11 presentó la siguiente información detallada en la tabla 49, donde se puede apreciar las medias de las medias, el rango y especificaciones.

Tabla 44

Mediciones media, rango y especificaciones de la pieza N°11.

| CARGA | MEDI | RANG | ES | EI |
|--------------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| S | A | O | | |
| 1 | 4,03 | 1,41 | 9,00 | 3,00 |
| 2 | 5,01 | 3,22 | 9,00 | 3,00 |
| 3 | 4,96 | 2,80 | 9,00 | 3,00 |
| 4 | 4,43 | 3,22 | 9,00 | 3,00 |
| 5 | 3,93 | 1,54 | 9,00 | 3,00 |
| 6 | 4,67 | 2,81 | 9,00 | 3,00 |
| 7 | 5,05 | 3,23 | 9,00 | 3,00 |
| 8 | 4,39 | 1,90 | 9,00 | 3,00 |
| 9 | 4,32 | 3,36 | 9,00 | 3,00 |
| 10 | 5,69 | 2,71 | 9,00 | 3,00 |
| 11 | 3,76 | 1,44 | 9,00 | 3,00 |
| 12 | 4,56 | 1,86 | 9,00 | 3,00 |
| 13 | 5,57 | 4,29 | 9,00 | 3,00 |
| 14 | 4,90 | 1,19 | 9,00 | 3,00 |
| 15 | 5,54 | 2,78 | 9,00 | 3,00 |
| 16 | 4,98 | 2,80 | 9,00 | 3,00 |
| 17 | 5,93 | 1,37 | 9,00 | 3,00 |
| 18 | 5,08 | 3,20 | 9,00 | 3,00 |
| 19 | 4,43 | 1,79 | 9,00 | 3,00 |
| 20 | 4,76 | 0,76 | 9,00 | 3,00 |
| | 4,8 | 2,4 | | |

En este aspecto, como se observa en tabla 50, las especificaciones de fábrica en las que se debe encontrar el espesor de capa de la pieza N° 11 se encuentra entre 3 y 9 μm .

Tabla 45

Especificaciones pieza N° 11.

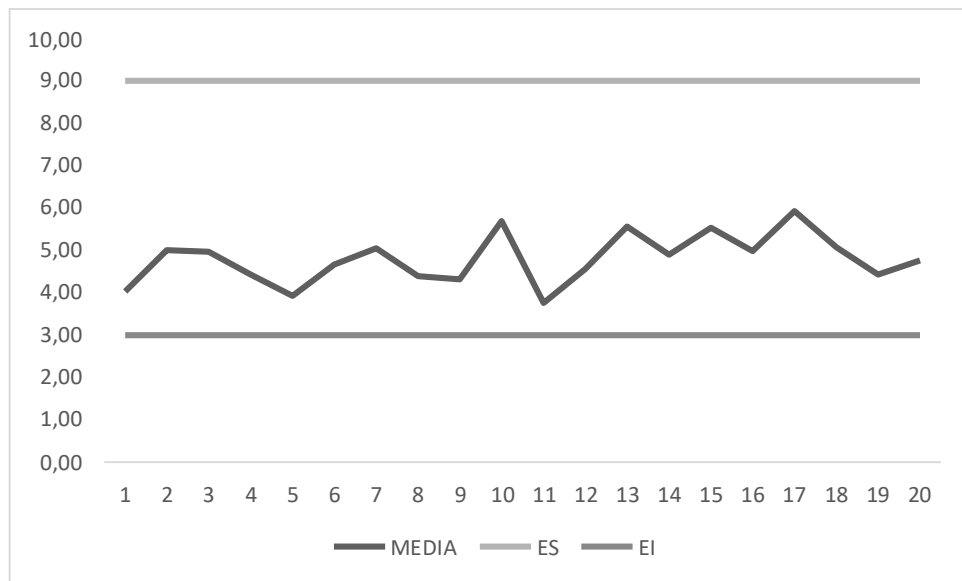
Especificaciones

| | |
|----|------|
| ES | 9,00 |
| Ei | 3,00 |
| N | 6,00 |

En este aspecto, se puede observar en la figura 46 la representación gráfica de las especificaciones y media del espesor de capa de la pieza n° 11.

Figura 35

Relación entre la media del espesor de capa, especificaciones y límites realza de la pieza N° 11.



Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, en cuanto a las medidas de tendencia central de la pieza N° 9, se pudo observar que el espesor promedio fue de 4,79 μm .

Tabla 46

Medidas de tendencia central pieza N° 11.

| Medidas de tendencia central | |
|------------------------------|------|
| Media | 4,79 |

Es así que para la pieza N° 11 el índice C_p fue 0,98 por lo que la capacidad del proceso es parcialmente adecuada para el trabajo esto debido a que la variación real ($6,15 \mu\text{m}$) es mayor que la variación tolerada ($6 \mu\text{m}$) para la pieza N° 11.

Por otra parte, al analizar el índice C_{pk} se pudo observar que el proceso no es capaz, debido a que el valor 0,59 es menor a 1,25, además $C_{pk} < 1$ por lo que el proceso tampoco se encuentra cumpliendo con al menos una de las especificaciones. En este aspecto y como se observa en la tabla 54, el proceso no se encuentra cumpliendo con la especificación inferior ni superior debido a que C_{pi} y C_{ps} son menores a 1,25. En esta misma línea, se pudo observar C_{pk} es menor en un 67% al valor de C_p debido a que la media del proceso ($4,79 \mu\text{m}$) se encuentra alejada de del centro de especificaciones ($6,5 \mu\text{m}$).

Con relación al índice K , se pudo observar que éste valor fue de -0,40 indicando que la media del proceso es menor al nominal. Además, al ser su valor absoluto mayor que 20%, manifiesta que el proceso se encuentra muy descentrado contribuyendo de esta manera a que su capacidad del proceso sea baja a la hora de cumplir con las especificaciones. De esta forma, y como se observa en la figura 34, la media del proceso se encuentra desviada un 40% a la izquierda respecto a su valor nominal, generando baja capacidad del proceso a la hora de cumplir con la especificación inferior.

Así mismo, como se puede observar en la tabla 65 el índice C_{pm} fue de 0,63 y al ser menor a uno, muestra que el proceso no se encuentra cumpliendo con las especificaciones debido a que el proceso no se encuentra centrado.

Tabla 47

Índices de capacidad de la pieza N° 11.

| Índices de capacidad | |
|----------------------|------|
| C_p | 0,98 |
| C_{pi} | 0,59 |
| C_{ps} | 1,37 |
| C_{pk} | 0,59 |
| C_p | 0,63 |
| m | |

$$\frac{K}{-0,40}$$

Con relación a lo explicado con anterioridad, se pudo observar que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación superior es del 0,002 % mientras que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación inferior es del 3,96 %. Por lo tanto, el porcentaje fuera de especificaciones es de 3,96 % dando como resultado 39630 piezas defectuosas por cada millón producido.

Tabla 48

Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 11.

| Especificación | Z | % | Porcentaje dentro de especificaciones | Porcentaje fuera de especificaciones | PPM |
|----------------|-------|---------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------|
| 9,00 | 4,10 | 0,002% | 96,037% | 3,96% | 39.630,55 |
| 3,00 | -1,76 | 3,9610% | | | |

7.3.3.7 Pieza N° 13

En este aspecto, la pieza N° 13 presentó la siguiente información detallada en la tabla 17, donde se puede apreciar las medias de las medias, el rango y especificaciones.

Tabla 49

Mediciones media, rango y especificaciones de la pieza N°13.

| CARGAS | MEDIA | RANGO | ES | EI |
|--------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 7,76 | 3,14 | 11,00 | 3,00 |
| 2 | 7,28 | 3,16 | 11,00 | 3,00 |
| 3 | 6,07 | 2,68 | 11,00 | 3,00 |
| 4 | 8,51 | 2,16 | 11,00 | 3,00 |
| 5 | 7,64 | 1,54 | 11,00 | 3,00 |
| 6 | 5,84 | 2,68 | 11,00 | 3,00 |
| 7 | 7,84 | 4,21 | 11,00 | 3,00 |

| | | | | |
|----|-------------|-------------|-------|------|
| 8 | 7,46 | 3,08 | 11,00 | 3,00 |
| 9 | 8,24 | 4,10 | 11,00 | 3,00 |
| 10 | 6,67 | 1,66 | 11,00 | 3,00 |
| 11 | 5,20 | 3,15 | 11,00 | 3,00 |
| 12 | 5,98 | 3,90 | 11,00 | 3,00 |
| 13 | 5,60 | 3,78 | 11,00 | 3,00 |
| 14 | 7,74 | 5,34 | 11,00 | 3,00 |
| 15 | 8,28 | 5,02 | 11,00 | 3,00 |
| 16 | 7,22 | 0,30 | 11,00 | 3,00 |
| 17 | 8,70 | 3,84 | 11,00 | 3,00 |
| 18 | 7,86 | 3,32 | 11,00 | 3,00 |
| 19 | 7,37 | 5,13 | 11,00 | 3,00 |
| 20 | 6,31 | 3,85 | 11,00 | 3,00 |
| | 7,18 | 3,30 | | |

En este aspecto, como se observa en tabla 57, las especificaciones de fábrica en las que se debe encontrar el espesor de capa de la pieza N° 13 se encuentra entre 3 y 11 μm .

Tabla 50

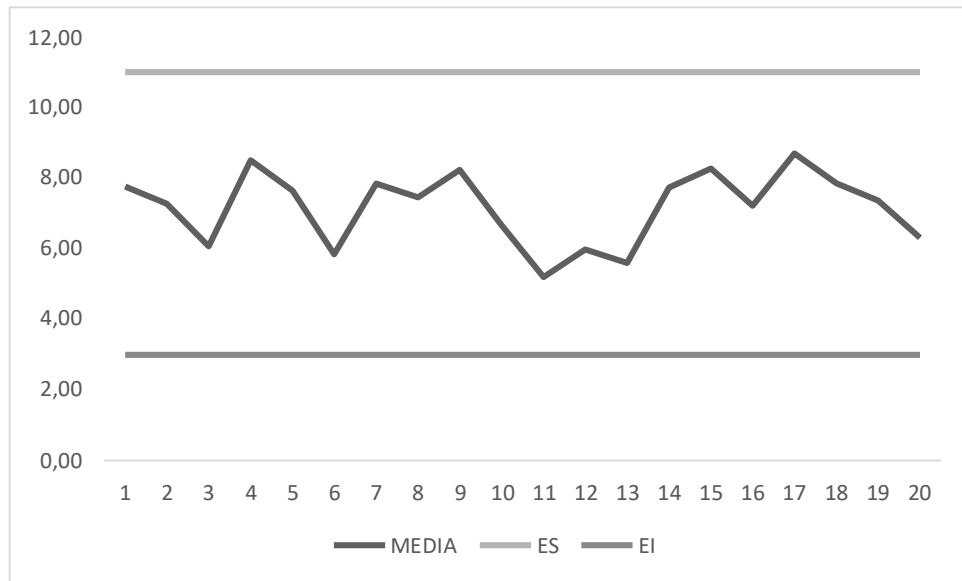
Especificaciones pieza N° 13.

| Especificaciones | |
|------------------|-------|
| ES | 11,00 |
| Ei | 3,00 |
| N | 7,00 |

En este aspecto, se puede observar en la figura 48 la representación gráfica de las especificaciones y media del espesor de capa de la pieza n° 13.

Figura 36

Relación entre la media del espesor de capa, especificaciones y límites realza de la pieza N° 13.



Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, en cuanto a las medidas de tendencia central de la pieza N° 13, se pudo observar que el espesor promedio fue de 7,18 μm .

Tabla 51

Medidas de tendencia central pieza N° 13.

| Medidas de tendencia central | |
|------------------------------|------|
| Media | 7,18 |

Por otra parte, para la pieza N° 13 el índice Cp fue 0,94 por lo que la capacidad del proceso no es adecuada para el trabajo esto debido a que la variación real (8,52 μm) es mayor que la variación tolerada (8 μm) para la pieza N° 4.

Por otra parte, al analizar el índice Cpk se pudo observar que el proceso no es capaz, debido a que el valor 0,90 es menor a 1,25. Añadiendo a lo anterior, como se observa en la tabla 48 $Cpk < 1$

por lo que el proceso tampoco se encuentra cumpliendo con al menos una de las especificaciones. En este aspecto, el proceso no se encuentra cumpliendo con la especificación inferior ni superior debido a que C_{pi} y C_{ps} son menores a 1,25. En esta misma línea, se pudo observar C_{pk} es menor en un 5% al valor de C_p debido a que la media del proceso ($7,18 \mu\text{m}$) se encuentra tan alejada de del centro de especificaciones ($7 \mu\text{m}$).

Con relación al índice K, se pudo observar que éste valor fue de 0,04 indicando que la media del proceso es mayor al valor al nominal. Además, al ser su valor absoluto menor que 20%, manifiesta que el proceso se no encuentra muy descentrado y sea aceptable a la hora de cumplir con las especificaciones. De esta forma, y como se observa en la figura 36, la media del proceso se encuentra desviada un 5% a la derecha respecto a su valor nominal impactando de manera negativa en la capacidad del proceso a la hora de cumplir con la especificación superior

Así mismo, como se puede observar en la tabla 61 el índice C_{pm} fue de 0,93 y al ser menor a uno, muestra que le proceso no se encuentra cumpliendo con las especificaciones debido a que el proceso no se encuentra centrado.

Tabla 52

Índices de capacidad de la pieza N° 13.

| Índices de capacidad | |
|----------------------|------|
| C_p | 0,94 |
| C_{pi} | 0,98 |
| C_{ps} | 0,90 |
| C_{pk} | 0,90 |
| C_{pm} | 0,93 |
| K | 0,04 |

Con relación a lo explicado con anterioridad, se pudo observar que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación superior es del 0,335% mientras que el porcentaje de piezas que cae fuera de la especificación inferior es del 0,1623%. Por lo tanto, el porcentaje fuera de especificaciones es de 0,52 % dando como resultado 5174 piezas defectuosas por cada millón producido.

Tabla 53

Cantidad de artículos defectuosos por cada millón producido de la pieza N° 13.

| Especificación | Z | % | Porcentaje dentro de especificaciones | Porcentaje fuera de especificaciones | PPM |
|----------------|-------|---------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------|
| 11,00 | 2,69 | 0,355% | 99,483% | 0,52% | 5.174,44 |
| 3,00 | -2,94 | 0,1623% | | | |

8. Resultados del proyecto

Finalmente, se presentan los resultados del estudio de estabilidad analizado si el proceso se encuentra en control estadístico, si es capaz y el grado de estabilidad.

8.1 Control estadístico

8.1.1 Variables cuantitativas

En cuanto al espesor de capa, se pudo observar los puntos de las gráficas de Control \bar{X} -R de las piezas críticas se encuentran dentro de los límites de control, por lo que el proceso se encuentra en control estadístico.

Sin embargo, se pudo observar que estos desplazamientos no se encuentran fluctuando de manera aleatoria como se describe a continuación.

• Pieza N° 10

Se evidenciaron desplazamientos en el nivel del proceso dados por una tendencia a que 8 puntos consecutivos se encuentran de un solo lado de la línea central, en este caso correspondientes a las medias de la carga 4 a la carga 11 analizado.

• Pieza N° 8

En este aspecto, la carta de Control X muestra que las medidas de los subgrupos 4, 5, 7, 8, se encuentran muy cerca de los límites de control mostrando saltos muy amplios entre las medias

de los subgrupos. Añadiendo a lo anterior, la carta de control R en cambio, muestra que las medias de los subgrupos 2, 5, 10, 12 también se encuentran cercanas a los límites de control, con énfasis en las medidas del subgrupo 5 y 10.

- **Pieza N° 9**

Se puede observar un patrón de desplazamiento dado por la existencia de 10 puntos consecutivos por encima de la línea central. Añadiendo a lo anterior, se pudo observar una proporción de puntos cercanos a los límites de control dados por las medidas de las cargas, 4, 7, 8, 9, 17 y 19. Por otra parte, en la carta R los valores no fluctúan de manera aleatoria dado por la tendencia de tener 8 puntos consecutivos por encima de la línea central.

- **Pieza N° 4**

En la carta X se pudo evidenciar que los puntos no fluctúan de manera aleatoria. Es así, que se pudo observar una tendencia decreciente de los puntos desde la media del carga 1 hasta el carga 13. Por otra parte, en la carta R se pudo observar que los puntos no se encuentran fluctuando de manera aleatoria. Es así, que se pudo observar la existencia de ocho puntos consecutivos por encima de la línea central generando un patrón de desplazamiento en el nivel del proceso de galvanizado.

- **Pieza N° 13**

Se pudo observar en la carta X que los puntos no fluctúan de manera aleatoria debido a la existencia de mucha variación entre sus valores dada por la cercanía de éstos a sus límites de control.

8.1.2 Variables cualitativas

En cuanto a las manchas de las piezas, se pudo observar que los puntos de la gráfica u, no se encuentran dentro de los límites de control, por lo tanto, el proceso no se encuentra en control estadístico.

8.2 Capacidad

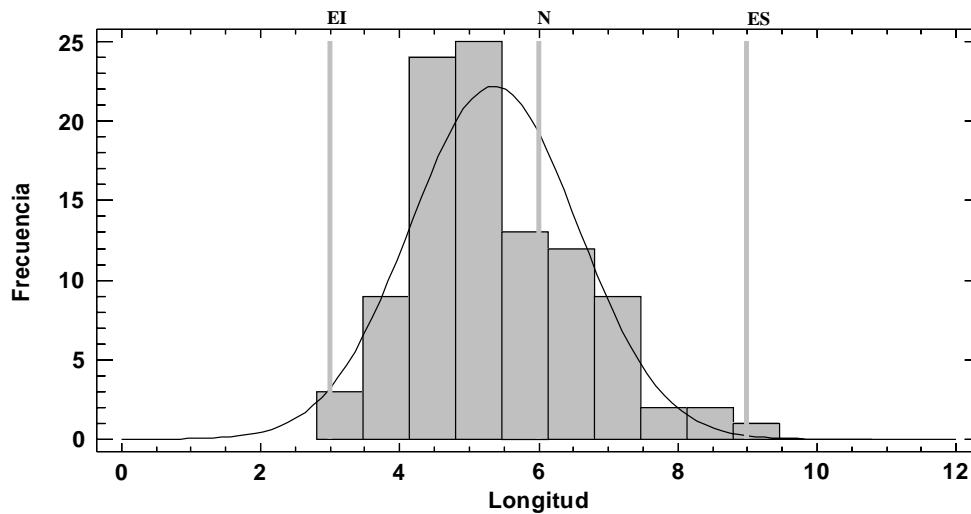
Analizando los índices de capacidad se pudo observar que el proceso de galvanizado no es capaz de cumplir con sus especificaciones.

8.2.1 Pieza N° 10

Como se pudo observar en los análisis anteriores, el C_p de la pieza N° 10 fue de 0,87 siendo este valor menor a uno. En cuanto al valor del C_{pk} éste fue de 0,69 siendo menor a 1,25, de igual forma el valor del C_{pm} de la pieza fue menor a 1. Finalmente, la distribución del proceso respecto a sus especificaciones se encuentra desviada un 21% a la izquierda. Por lo que se puede cumplir que el proceso no es capaz generando como defectos a un total de 20839 piezas por millón.

Figura 36

Gráfica de capacidad del proceso de la pieza N° 10.

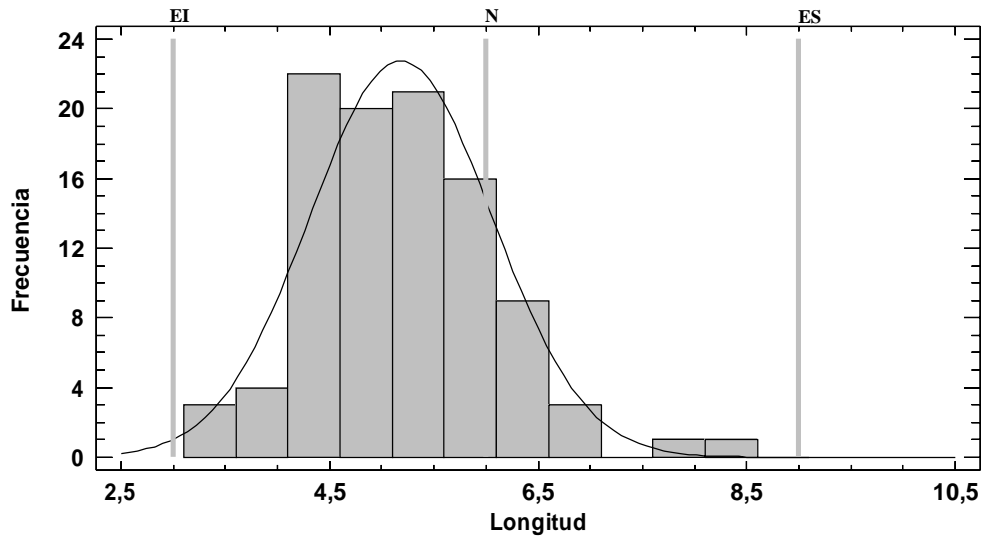


8.2.2 Pieza N° 8

Como se pudo observar en los análisis anteriores, el C_p de la pieza N° 8 fue de 1,36 siendo este valor mayor a uno. En cuanto al valor del C_{pk} éste fue de 0,99 siendo menor a 1,25, de igual forma el valor del C_{pm} de la pieza fue menor a 1. Finalmente, la distribución del proceso respecto a sus especificaciones se encuentra desviada un 27% a la izquierda. Por lo que se puede cumplir que el proceso no es capaz generando como defectos a un total de 1494 piezas por millón.

Figura 38

Gráfica de capacidad de la pieza N° 8.

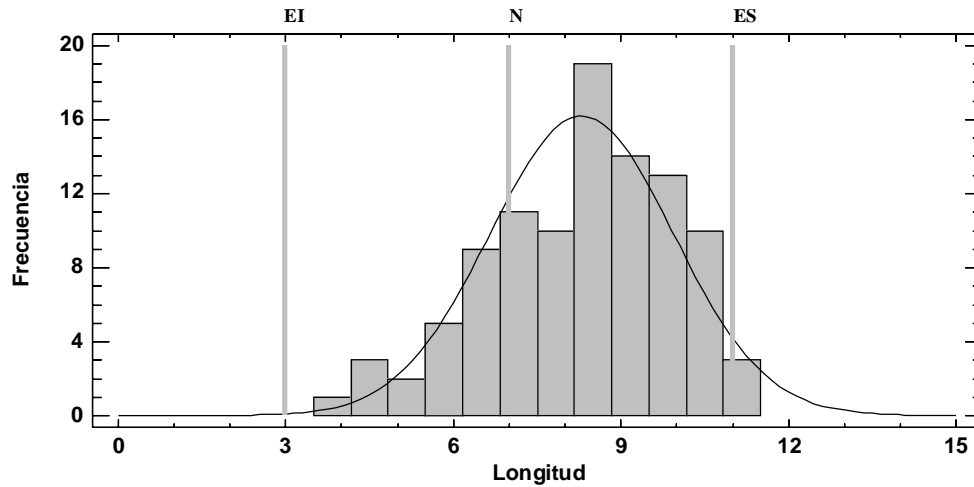


8.2.3 Pieza N° 23

Como se pudo observar en los análisis anteriores, el C_p de la pieza N° 23 fue de 0,88 siendo este valor menor a uno. En cuanto al valor del C_{pk} éste fue de 0,59 siendo menor a 1,25, de igual forma el valor del C_{pm} de la pieza fue menor a 1. Finalmente, la distribución del proceso respecto a sus especificaciones se encuentra desviada un 32% a la derecha. Por lo que se puede cumplir que el proceso no es capaz generando como defectos a un total de 37767 piezas por millón.

Figura 40

Gráfica de capacidad de la pieza N° 23.

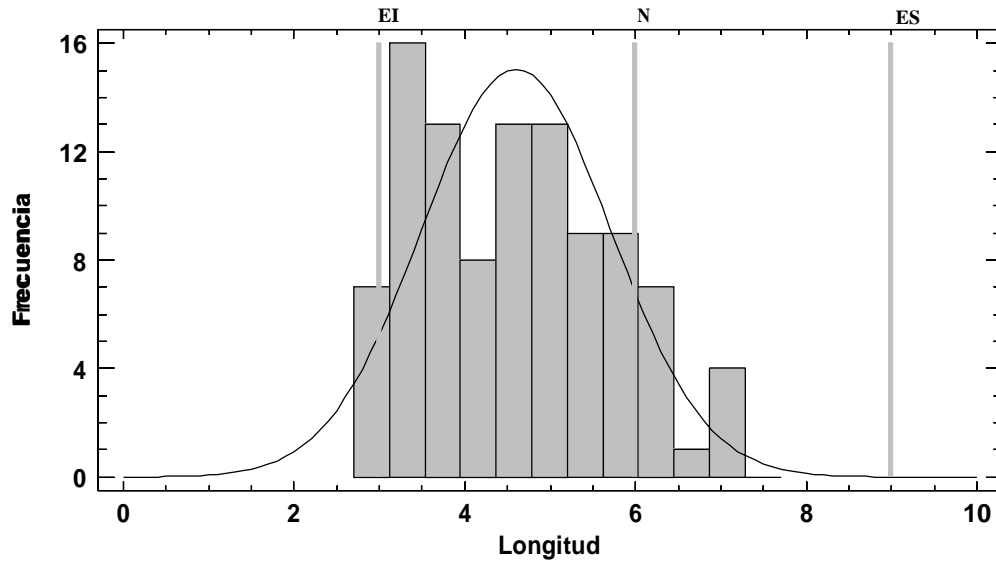


8.2.4 Pieza N° 9

Como se pudo observar en los análisis anteriores, el C_p de la pieza N° 9 fue de 1,20 siendo este valor mayor a uno. En cuanto al valor del C_{pk} éste fue de 0,64 siendo menor a 1,25, de igual forma el valor del C_{pm} de la pieza fue menor a 1. Finalmente, la distribución del proceso respecto a sus especificaciones se encuentra desviada un 47% a la izquierda. Por lo que se puede cumplir que el proceso no es capaz generando como defectos a un total de 27749 piezas por millón.

Figura 42

Gráfica de capacidad de la pieza N°9.

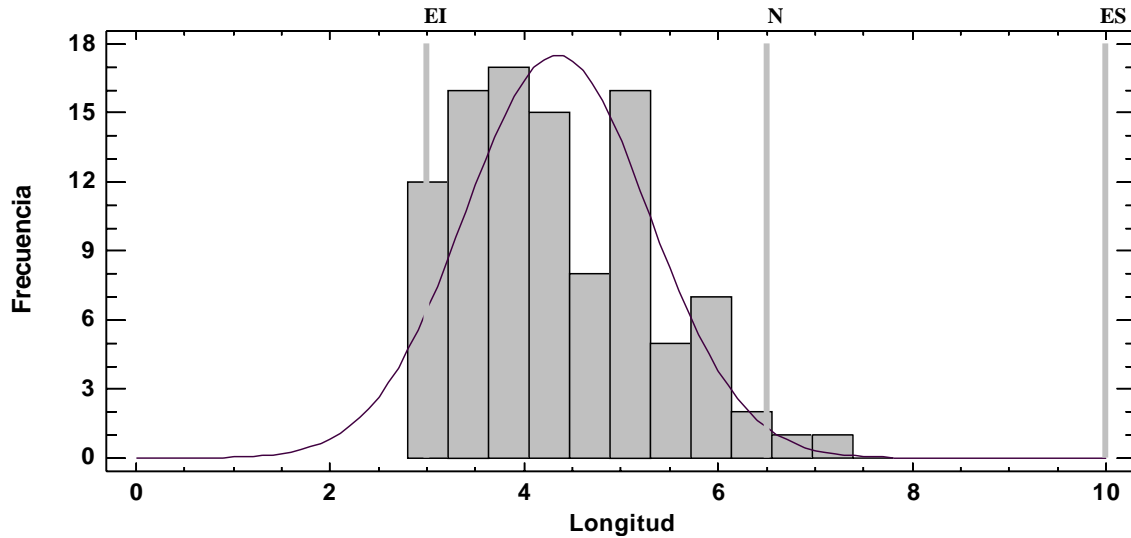


8.2.5 Pieza N° 4

Como se pudo observar en los análisis anteriores, el C_p de la pieza N° 4 fue de 1,44 siendo este valor mayor a uno. En cuanto al valor del C_{pk} éste fue de 0,55 siendo menor a 1,25, de igual forma el valor del C_{pm} de la pieza fue menor a 1. Finalmente, la distribución del proceso respecto a sus especificaciones se encuentra desviada un 62 % a la izquierda. Por lo que se puede cumplir que el proceso no es capaz generando como defectos a un total de 49579 piezas por millón.

Figura 45

Gráfica de capacidad de la pieza N° 4.

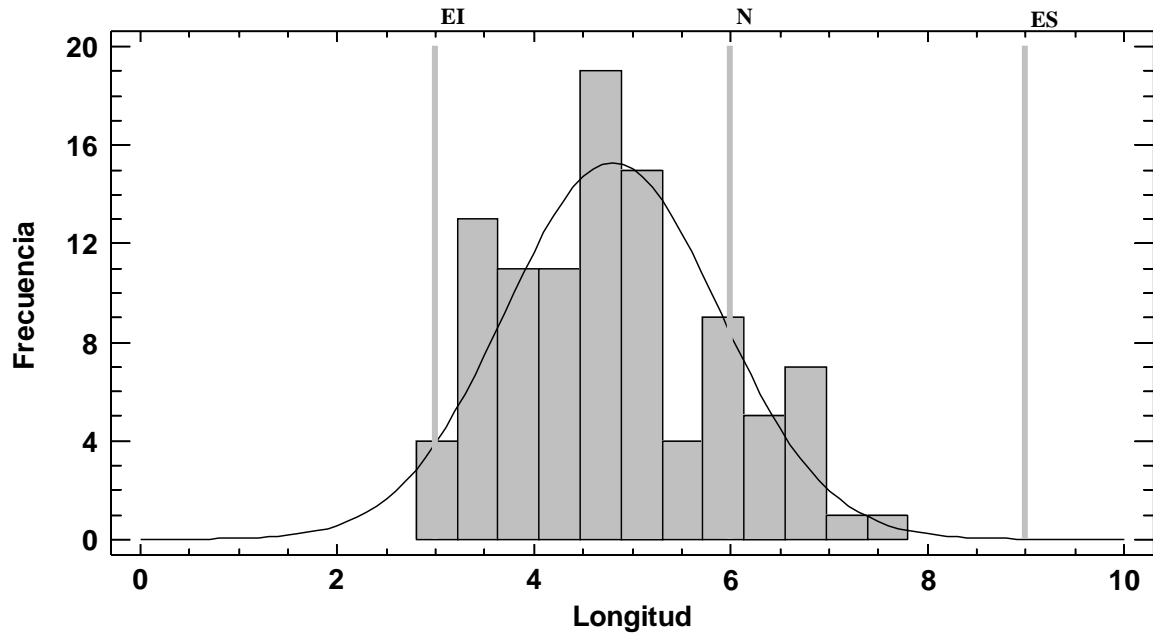


8.2.6 Pieza N° 11

Como se pudo observar en los análisis anteriores, el C_p de la pieza N° 11 fue de 0,98 siendo este valor menor a uno. En cuanto al valor del C_{pk} éste fue de 0,59 siendo menor a 1,25, de igual forma el valor del C_{pm} de la pieza fue menor a 1. Finalmente, la distribución del proceso respecto a sus especificaciones se encuentra desviada un 40% a la izquierda. Por lo que se puede cumplir que el proceso no es capaz generando como defectos a un total de 39631 piezas por millón.

Figura 47

Gráfica de capacidad de la pieza N° 11.

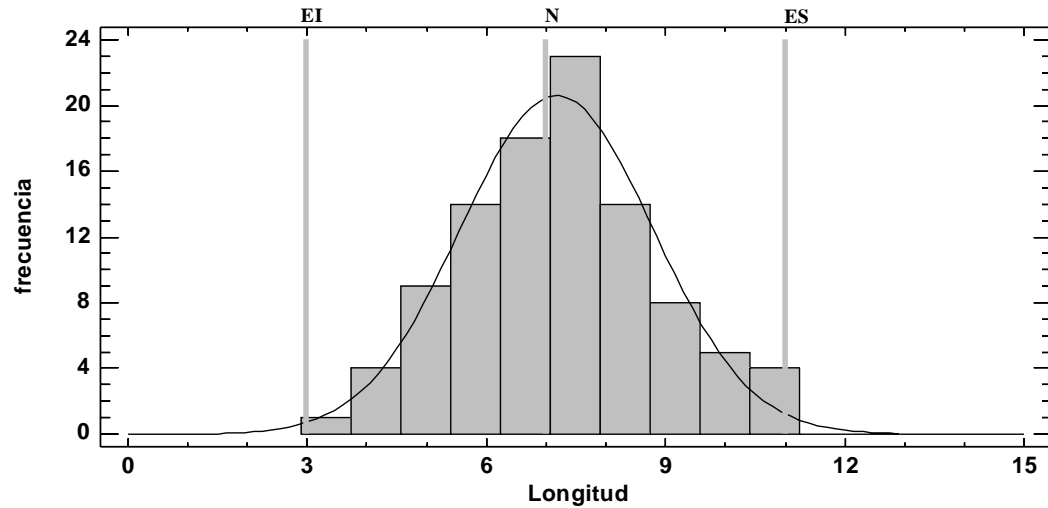


8.2.7 Pieza N° 13

Como se pudo observar en los análisis anteriores, el C_p de la pieza N° 13 fue de 0,94 siendo este valor menor a uno. En cuanto al valor del C_{pk} éste fue de 0,90 siendo menor a 1,25, de igual forma el valor del C_{pm} de la pieza fue menor a 1. Finalmente, la distribución del proceso respecto a sus especificaciones se encuentra desviada un 4% a la izquierda. Por lo que se puede cumplir que el proceso no es capaz generando como defectos a un total de 5175 piezas por millón.

Figura 48

Gráfica de capacidad de la pieza N° 13.



8.3 Grado de estabilidad

El estudio de estabilidad depende de tres supuestos mencionados con anterioridad, en ese aspecto, el proceso se encuentra bajo control estadístico únicamente al analizar la variable de espesor de capa, en cuanto al análisis de la variable de manchas no se encuentra bajo control estadístico. Por otra parte, también se pudo observar como el proceso no es capaz de cumplir con sus especificaciones, por lo que se concluye que el proceso no es estable.

8.4 Síntesis resultados

Para la variable cuantitativa espesor de capa, el proceso se encuentra bajo control estadístico debido a que los puntos de la carta $\bar{X}R$ se encuentran dentro de sus límites (tabla 63). Sin embargo, no es capaz, por lo tanto, no es estable (tabla 64).

Para la variable cualitativa manchas, se pudo evidenciar que los puntos de la Carta **C** no se encuentran fluctuando dentro de sus límites (*tabla 63*) y no es capaz por lo que el proceso no es estable (*tabla 64*).

Tabla 63

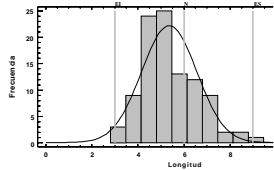
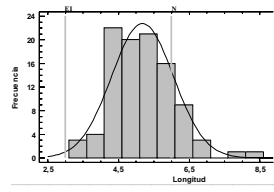
Control estadístico del proceso

| Pieza N° | Carta $\bar{X}R$ | Carta C |
|----------|--|---|
| 10 | Puntos fluctúan dentro de los límites | No hay defectos. |
| 8 | Puntos fluctúan dentro de los límites | Puntos no fluctúan dentro de los límites |
| 23 | Puntos fluctúan dentro de los límites | Puntos no fluctúan dentro de los límites. |
| 9 | Puntos fluctúan dentro de los límites. | Puntos no fluctúan dentro de los límites |
| 4 | Puntos fluctúan dentro de los límites | Puntos no fluctúan dentro de los límites |

| | | |
|----|---------------------------------------|--|
| 11 | Puntos fluctúan dentro de los límites | No hay defectos. |
| 13 | Puntos fluctúan dentro de los límites | Puntos no fluctúan dentro de los límites |

Tabla 64

Capacidad del proceso de cumplir con las especificaciones correspondientes.

| Pieza N° | $C_p > 1$ | $C_{pk} > 1,25$ | K | $C_{pm} > 1$ | Conclusiones | Gráfica |
|----------|-----------|-----------------|-------|--------------|---|---|
| 10 | 0,87 | 0,68 | -0,21 | 0,76 | Proceso no capaz descentrado un 21% a la Izquierda. |  |
| 8 | 1,36 | 0,99 | -0,27 | 0,91 | Proceso no capaz y descentrado un 27% a la izquierda. |  |

| | | | | | | |
|----|------|------|-------|------|---|--|
| 23 | 0,88 | 0,59 | 0,32 | 0,67 | Proceso no capaz y descentrado un 32% a la derecha. | |
| 9 | 1,20 | 0,64 | -0,47 | 0,61 | Proceso no capaz y descentrado un 47% a la izquierda. | |
| 4 | 1,23 | 0,47 | -0,62 | 0,49 | Proceso no capaz y descentrado un 62% a la izquierda. | |
| 11 | 1,44 | 0,55 | -0,40 | 0,51 | Proceso no capaz y descentrado un 40% a la izquierda. | |
| 13 | 0,94 | 0,90 | 0,04 | 0,93 | Proceso no capaz y descentrado un 4% a la derecha. | |

8.5 Propuesta de mejora

Como se pudo observar en el análisis anterior, el proceso de galvanizado no se encuentra bajo control estadístico y no es capaz, por lo que no es estable. En este aspecto, se procedió a realizar un diagrama de Ishikawa con el objetivo de lograr identificar el origen de la inestabilidad del proceso con énfasis en resolver el problema de la variabilidad del espesor de capa y de las manchas en las piezas analizadas.

8.5.1 Variable cualitativa

Para analizar las variables que afectan en las manchas de las piezas se procedió a realizar un análisis de las 5M implicadas en la elaboración del producto.

8.5.1.1 Materia prima

Como se puede observar en el Anexo A, la materia prima añadida en cada una de las operaciones de galvanizado se encuentra siempre registrada en el control de adiciones y en la hoja de control de producción galvanizado, sin embargo, la viscosidad natural de los químicos genera que algunas piezas se queden pegadas en el tambor y se produzcan manchas en las mismas.

8.5.1.2 Mano de obra

En cuanto a la mano de obra y como se puede observar en el Anexo A, la mano de obra, el operador de planta y el ayudante de producción tienen poco contacto con el proceso de galvanizado, ya que los colaboradores realizan acciones indirectas al proceso como el encendido de las máquinas, colocación de químicos o traslados de piezas de la zona de limpieza a la zona de galvanizado, es por esto que se observó que en este caso, la mano de obra cumple con los estándares necesarios para otorgar un espesor de capa correcto a la pieza.

8.5.1.3 Método

Al analizar esta variable con el jefe de planta, se pudo observar que el método empleado para el proceso de galvanizado es el adecuado debido a que el diseño del proceso, conocimientos y materiales utilizados son los correctos.

8.5.1.4 Medio Ambiente

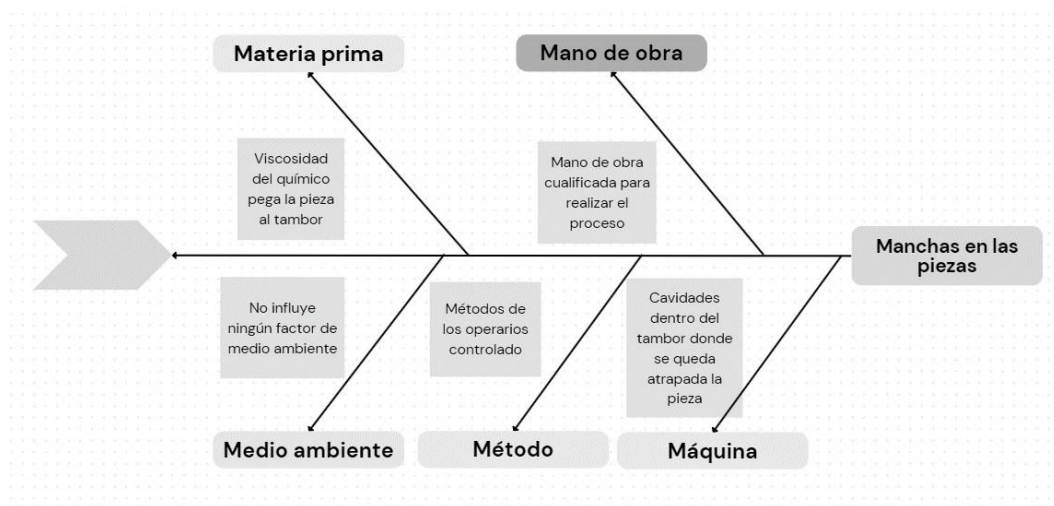
Debido a que el proceso de galvanizado se da dentro de un ambiente cerrado, no existen variables ambientales que puedan afectar a la generación de manchas en las piezas.

8.5.1.5 Máquina

Finalmente, se pudo analizar que la máquina, en este caso el tambor donde se encuentran las piezas a galvanizar presenta algunas cavidades en donde la pieza suele entrar y no salir generando también que produzcan manchas y defectos visuales en la misma.

Figura 50

Diagrama de Ishikawa para analizar las manchas en las piezas



8.5.1.6 Propuesta de mejora

Una vez analizado que el problema radica en la viscosidad del químico y las cavidades dentro del tambor se recomendaría las siguientes acciones para el mejoramiento de la problemática:

1. Buscar eliminar las cavidades dentro del tambor en donde la pieza puede llegar a entrar generando que se produzcan manchas en las piezas.
2. Estudiar la factibilidad de introducir dentro del tambor, bolas de *espuma Flex* que permitan que las piezas no se peguen al tambor debido a la viscosidad de los químicos.

8.5.2 Variable cuantitativa

8.5.2.1 Materia prima

Como se puede observar en el Anexo A, la materia prima añadida para generar el espesor de capa en la pieza se encuentra siempre registrada en el control de adiciones y en la hoja de control de producción galvanizado, por lo tanto, materia prima utilizada para llevar a cabo el proceso cumple con los requisitos pertinentes para otorgar un espesor de capa correcto a la pieza.

8.5.2.2 Mano de obra

En ese aspecto, el operador de planta y el ayudante de producción tienen poco contacto con el proceso de galvanizado, ya que los colaboradores realizan acciones indirectas al proceso como el encendido de las máquinas o colocación de químicos, por lo tanto, la mano de obra cumple con los estándares necesarios para otorgar un espesor de capa correcto a la pieza. Anexo A.

8.5.2.3 Método

El método empleado para el proceso de galvanizado es el adecuado debido a que el diseño del proceso, conocimientos y materiales utilizados son los correctos.

8.5.2.4 Medio Ambiente

Debido a que la acción de otorgar la capa de zinc y de cromo a la pieza ocurre dentro de la zona de galvanizado, no existe alguna variable ambiental que pueda afectar a esta operación. Por lo que se concluyó que el medio ambiente no afecta a la variabilidad en el espesor de capa encontrado.

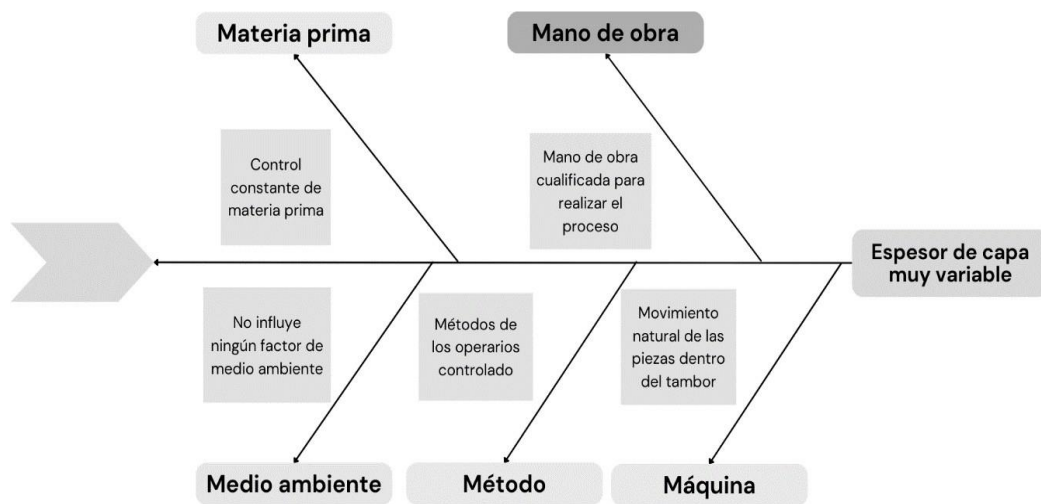
8.5.2.5 Máquina

Finalmente, se pudo identificar que el problema de la variabilidad en el espesor de capa recae en la zona de galvanizado, exactamente dentro de la operación de cincado debido principalmente a que, dentro del tambor por la rotación del mismo, las piezas van ocupando diferentes lugares por lo que unas piezas acaparan más zinc que otras (Anexo B). En este aspecto, el proceso de galvanizado se da gracias a la corriente eléctrica que llega a los electrodos y permite que el zinc se pegue a las piezas, por lo que cuanto más cerca se encuentren de los electrodos su espesor de capa será mayor mientras que mientras más lejos estén su espesor de capa disminuirá, por

lo que, por la naturaleza del proceso, las piezas siempre se encuentran girando y no ocupan todo el tiempo el mismo espacio. Por lo tanto, para que el espesor de capa de las piezas sea el mismo para todas, todas las piezas deberían estar siempre en un mismo sitio para recibir por igual la misma capa de zinc.

Figura 50

Diagrama de Ishikawa para el proceso de galvanizado.



8.5.2.6 Propuesta de mejora

Una vez analizado que el problema radica en la máquina, justamente en la operación de cincado se recomendaría realizar las siguientes acciones.

- 1) Analizar el tiempo del cincado que permita que todas las piezas que se encuentran dentro de dicha operación mantengan un promedio de tiempo a lado de los electrodos el objetivo de que éstas adquieran un mismo espesor de capa, ya que como se pudo observar anteriormente, el problema de la variación del espesor de capa radica en que no todas se las piezas se

encuentran cerca de los electrodos durante el proceso de galvanizado, por lo que este movimiento de las piezas dentro del tambor no permite que todas las piezas tengan el mismo espesor debido a que cada una ocupa una distancia distinta dentro del tambor.

2) Estudiar la factibilidad de introducir nuevo proceso de cincado que no incluya la rotación de las piezas, y que permita que todas éstas se encuentren cerca de los electrodos.

9. Conclusiones, recomendaciones y limitaciones

Una vez terminado el proyecto se ha cumplido con el objetivo principal del proyecto integrador el cual fue “**Estudio de estabilidad en el proceso de galvanizado de la empresa Mapresteel Cía. Ltda.**” Para la consecución de este objetivo se analizó la situación actual del proceso de galvanizado en cuanto a sus principales procesos, los cuales se pudieron observar que son 16 en total y en relación al SIPOC del mismo y el layout de la planta donde se realiza el proceso de galvanizado.

En este mismo sentido, se continuó con el análisis de la estabilidad del proceso basado en la utilización de la herramienta de Pareto para la identificación de las piezas críticas a las cuales se les pudo realizar las gráficas de control X-R y carta de control C. En cuanto a la variable cuantitativa espesor de capa, el proceso denota estar en control estadístico debido a que el valor encuentra dentro de los límites dados dentro de las cartas de control X-R. Sin embargo, debido a las secuencias encontradas, se puede determinar que el proceso tiene problemas en su variabilidad explicando así la falta de capacidad del proceso que se pudo observar mediante los índices de capacidad los cuales no cumplieron con los valores mínimos requeridos para considera al proceso capaz, además de observar como el proceso en la mayoría de las piezas analizadas se encontraba descentrado hacia la izquierda. Por lo que en el caso de las variables cuantitativas cumple la primera condición que estar bajo control estadístico, pero no cumple la segunda condición que es tener capacidad de cumplimiento, por lo que el proceso no es estable.

Por otra parte, al analizar la variable cualitativa manchas, el proceso no se encuentra dentro de control estadístico, debido a que según el gráfico **C** los valores analizados no caen dentro de los límites establecidos, además como se pudo observar anteriormente, el proceso tampoco es capaz

de cumplir con sus especificaciones por lo que no es estable. En resumen, en el caso de las variables cuantitativas cumple la primera condición que estar bajo control estadístico, pero no la segunda ya que no tiene capacidad de cumplimiento. En el caso de los atributos no cumple ninguna de las dos condiciones por lo que el proceso no es estable.

Para identificar las causas de inestabilidad, se ha realizado un análisis de las 5M para analizar la variabilidad del espesor de capa y el origen de las manchas en las piezas, observando así que el principal factor que genera esta variabilidad en los resultados del espesor de capa radica en la naturaleza del baño de cincado, que debido al giro del tambor las piezas ocupan diferentes espacios dentro del mismo generando que no todas estén cerca de los electrodos los cuales son los encargados de generar el espesor de capa de la pieza; en efecto para que las piezas tengan menos variabilidad en su espesor de capa, deberían situarse todas cerca del electrodos. Mientras que, las manchas en las piezas son generadas por la viscosidad natural de los químicos que genera que las piezas se peguen al tambor el cual, a su vez, contiene pequeñas cavidades donde las piezas suelen entrar y no salir generando así que se produzcan manchas en las piezas.

En este aspecto, los planes de acción propuestos para reducir la variabilidad del espesor de capa radican en analizar el tiempo que las piezas se encuentran dentro del tambor con el objetivo de que todas roten de igual manera facilitando que el espesor de capa sea igual para cada una de ellas, así como analizar la factibilidad de implementar un nuevo baño de cincado que permite que todas las piezas se encuentren a la misma distancia de los electrodos. Por otra parte, para reducir la cantidad de piezas con manchas se propone por un lado eliminar las cavidades dentro del tambor en donde la pieza puede llegar a entrar generando que se produzcan manchas en las piezas y estudiar la factibilidad de introducir dentro del tambor bolas de *espuma Flex* que permitan que las piezas no se peguen al mismo debido a la viscosidad de los químicos.

Finalmente, se recomienda mantener un estudio continuo de la estabilidad del proceso debido a la utilidad de la información obtenida de dichos análisis, ya que, en este aspecto, todas las piezas analizadas cumplían con las especificaciones de fábrica y en primera instancia, se entendería que el proceso se encuentra bajo control estadístico y es capaz. Sin embargo, una vez realizado

el estudio de la situación del control estadístico y capacidad del proceso se pudo evidenciar que a pesar de que el éste se encuentra bajo control estadístico, no es capaz, debido a la alta variabilidad en el espesor de capa. Por otra parte, también permitió observar que a pesar de que no todas las cargas analizadas presentaban piezas con manchas, al realizar el gráfico *C* los valores no lograban situarse dentro de los límites, demostrando que el proceso no se encontraba bajo control estadístico.

10.

Referencia

Adam, E. E., & Ebert, R. J. (1991). *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento*. Prentice Hall.

Alonso-Torres, C. (2014). Orientaciones para implementar una gestión basada en procesos. *Ingeniería industrial*, 35(2), 159-171.

Arias Montoya, L., Portilla, L. M., & Castaño Benjumea, J. C. (2008). Aplicación de six sigma en las organizaciones. *Scientia et technica*, 14(38), 265-270.

Barreras Cobos, J. (2016). Implementación de una carta de control para corridas cortas en la industria de autopartes. *Ingeniería*, 21(1), 97-106.

Botero A, M., Mendoza V, J., & Meza C, L. G. (2009). Elaboración de cartas de control X barra - S en el laboratorio de metrología de variables eléctricas de la universidad tecnológica de Pereira. *Scientia et technica*, 15(41), 241-245.

Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2007). El sistema de producción y operaciones. *Facultad de ciencia económicas y sociales*, 1(1), 1-28.

Eljach, F., Penagos, G., & Peña-Baena, N. (2006). Evaluación del uso de las cartas de control X, EWMA y CUSUM en un sistema de control de calidad para procesos no correlacionados. *Ingeniería y desarrollo*, (20), 35–44.

Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). *Administración y control de la calidad*. Cengage Learning.

Garza Ríos, R. C., González Sánchez, C. N., Rodríguez González, E. L., & Hernández Asco, C. M. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de seis sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 22, 19–35.

González Álvarez, R., Barrera García, A., Guerra Morffi, A. B., & Medina Mendieta, J. F. (2022). Evaluación de la estabilidad y análisis de la capacidad del proceso de producción de una empresa de pastas alimenticias. *Visión de futuro*, 26(1), 206-230.

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. McGraw Hill.

Vilar Barrio, J. F. (1999). *Cómo mejorar los procesos en su empresa: el control estadístico de procesos, SPC, herramienta fundamental en el incremento de la competitividad*. FC Editorial.

Hernández Pedrera, C., & Da Silva Portofilipe, F. (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Tecnología química*, 36(1), 104-116.

Herrera Acosta, R. J. (2006). Seis Sigma un modelo de gestión. *Prospectiva*, 4(2), 47-50.

Lara-Hernández, C., Melo-González, R., Herrera-Ruiz, D. A., & Valdez-Gómez, J. A. (2011). Control estadístico de procesos en tiempo real de un sistema de endulzamiento de gas amargo. Metodología y resultados. *Tecnología, ciencia, educación*, 26(2), 57-74.

Mapresteel Cía. Ltda. (2020). *Estudio para la reducción de despilfarros en las piezas producidas en la empresa Metales en Serie*.

Martínez-Calderón, J. R., García-Pérez, E., & Carlos-Ornelas, C. E. (2019). Efecto de seis sigma en el almacén de una empresa manufacturera. *Conciencia tecnológica*, (58), 32-39.

Martínez Mayoral, M. A., & Morales Socuéllamos, J. (2022). *Lean seis sigma para la mejora de procesos*. Universitas Miguel Hernández.

Merli, G. O. (2012). Gestión de la calidad: control estadístico y seis sigma. *Telos*, 14(2), 269-274.

Miyashiro Pérez, L., & Delgado Fernández, M. (2009). Procedimiento para la Mejora Procesos que intervienen en el Consumo de Combustible. *Ingeniería Industrial*, 30(3), 1-8.

- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. Limusa Wiley.
- Montoya-Restrepo, N. E., & Correa-Morales, J. C. (2009). Cartas de control estadístico de procesos en el monitoreo de la mortalidad perinatal. *Revista de salud pública*, 11(1), 92-99.
- Moreno Cortés, A. L., & Vargas Navas, J.A (2000). Carta de control R con intervalos de muestreo variables. *Revista colombiana de estadística*, 23(1), 15-25.
- Navarro Albert, E., Gisbert Soler, V., & Pérez Molina, A. I. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma. *3c empresa : investigación y pensamiento crítico*, 6(5), 73–80.
- Ortíz Barrios, M. A., & Felizzola Jiménez, H. A. (2014). Metodología miceps para control estadístico de procesos: caso aplicado al proceso de producción de vidrio templado. *Prospectiva*, 12(2), 73-81.
- Pierdant Rodríguez, A. I., & Rodríguez Franco, J. (2009). Control estadístico de la calidad de un servicio mediante gráficas X y R. *Política y cultura*, (32), 151–169.
- Quintana, A. E., Pisani, M. V., & Casal, R. N. (2015). Desempeño de cartas de control estadístico con límites bilaterales de probabilidad para monitorear procesos Weibull en mantenimiento. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 16(1), 143–156.
- Ramírez-Méndez, E., & Cantú-Sifuentes, M. (2017). Carta de control para procesos multinomiales: estudio de desempeño. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 18(1), 67-74.
- Render, B., & Heizer, J. (2007). *Administración de la producción*. Prentice Hall.
- Rodríguez Muñoz, R., & Pérez Fernández, D. R. (2018). Perfeccionamiento de la gestión por procesos en una universidad. *Visión de futuro*, 22(2), 192-213.
- Romero Vega, L. E., Valdés Luna, L. C., Pastor de Moya, J. G., & Herrera Acosta, R. J. (2018). Control estadístico para el monitoreo del proceso de corte de pastillas de jabón. *Ingeniería y desarrollo*, 36(2), 455-468.

Salazar, E. R., & Simón-Fermín, J. (2016). Un índice de capacidad de procesos para distribuciones multivariadas normales de variables correlacionadas y no correlacionadas. *Ingeniería Industrial*, (034), 57-73.

San Miguel, P. A. (2019). *Calidad: fundamentos, herramientas y gestión de la calidad para pymes*. Ediciones Paraninfo.

Schmal, R., & Rivero, S. (2016). Construcción de un sistema para la gestión de proyectos con empresas en una carrera de ingeniería. *Formación universitaria*, 9(4), 23–32.

Schwabe-Neveu, J., Fuentes-Stuardo, P., & Briede-Westermeyer, J. C. (2016). Caracterización del proceso de diseño de productos de una empresa prestadora de servicios de diseño. Propuesta basada en un enfoque de procesos. *DYNA (Colombia)*, 83(199), 148–156.

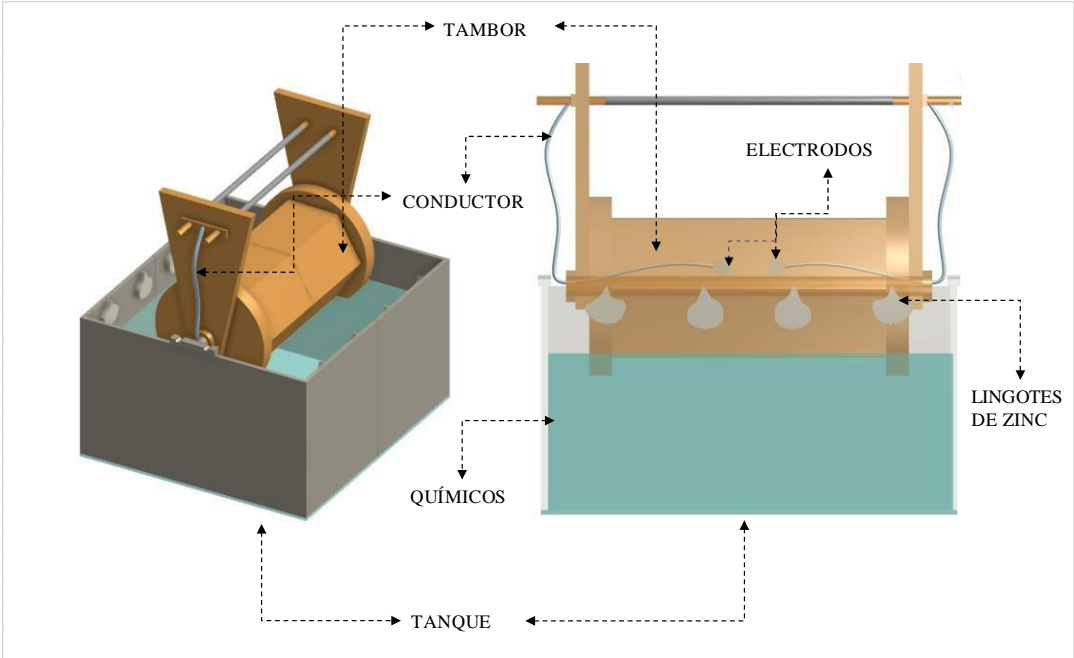
11.

Anexo

Anexo A. Proceso galvanizado.

| PROCESO | ¿QUIÉN REALIZA? | ¿QUE NECESITA? | | ¿QUEN PROVEE? | | ¿QUE OBTIENE? | ¿A QUIÉN VA? | ¿QUE SE CONTROLA EN ESTA TAREA? | | | DOCUMENTACION | | | | |
|----------------------|--------------------|-----------------------------|---|------------------------|--------------------|---|--------------------------|--|---|--|--|-------------------------|-----------------|---|---|
| | | INSUMO | EQUIPO, MAQUINA, HERRAMIENTA | EL INSUMO | EO UIPOS MAQUINAS, | | | EN LOS INSUMOS | EN LAS PERSONAS (COMPETENCIAS) | EN LOS EQUIPOS, MAQUINAS, HERRAMIENTAS | DURANTE LA TAREA | CONDICIONES AMBIENTALES | INSTRUMENTOS | REGISTROS | |
| Desengrase Caliente | Operador De Planta | 1 Químico K100 | | Bodega | | Piezas Limas Para Lavar | Enjuague | Nivel De Químico: 240 250 L. | Identificación Porcentaje De Químico Por Litro De Agua. | Limpieza De Balde Y En Buen Estado. | Temperatura Agua 30 C° A 35 C°. | Ventilación | Uso De Químicos | Control De Adiciones De Químico Para Galvanizado. | |
| | | 2 Niquelina | 4 Balde Perforado | Bodega | Bodega | | | Piezas en buen estado | Identificación Piezas En Buen Estado. | | Químico No Enfrío Dejado. | | | | Tempo: 20 Min. |
| | | 3 Piezas | | Planta Recursos | | | | | Identificación Herramientas En Buen Estado. | | | | | | |
| Enjuague | Operador De Planta | Piezas desengrasadas. | Balde Mangera Equipos Protección Personal | Desengrase Caliente | | Piezas Lavadas | Decapado | Piezas sin grasa | Identificación De Buen Lavado | Balde Limpio Mangera En Buen Estado Equipos De Protección En Buen Estado | Cantidad Continuo Tiempo: 2 minutos. | Ninguno | Ninguno | Ninguno | |
| | | Agua | | Eltipo | Bodega | | | Temperatura ambiente | | | | | | | |
| Decapado | Operador De Planta | Piezas Lavadas. | Balde Perforado | Lavado | Bodega | Piezas Lavadas | Enjuague | Piezas Bien Lavadas. | Identificación Buen Decapado | Balde Limpio | Químico En Buenas Condiciones Para Trabajar | Ventilado El Ambiente | Uso De Químicos | Control De Adiciones De Químicos De Galvanizado | |
| | | Decapador Im | Equipo De Protección Personal | Bodega | Bodega | | | Cantidad: 35 Litros De Balde | | | | | | | |
| Enjuague | Operador De Planta | Piezas Decapadas | Balde Mangera Equipos Protección Personal | Desengrase Caliente | | Piezas Lavadas | Decapado | Piezas en buen estado. | Identificación De Buen Lavado | Balde Limpio Mangera En Buen Estado Equipos De Protección En Buen Estado | Cantidad Continuo Tiempo: 2 minutos. | Ninguno | Ninguno | Ninguno | |
| | | Agua | | Eltipo | Bodega | | | Temperatura ambiente | | | | | | | |
| Decapado | Operador De Planta | Piezas Lavadas. | Balde Perforado | Lavado | Bodega | Piezas Lavadas | Enjuague | Piezas Bien Lavadas. | Identificación Buen Decapado | Balde Limpio | Químico En Buenas Condiciones Para Trabajar | Ventilado El Ambiente | Uso De Químicos | Control De Adiciones De Químicos De Galvanizado | |
| | | Decapador Im | Equipo De Protección Personal | Bodega | Bodega | | | Cantidad: 35 Litros De Decapador Balde | | | | | | | |
| Enjuague | Operador De Planta | Piezas | Mangera Equipos Protección Personal | Desengrase Caliente | | Piezas Lavadas | Almacenamiento | Piezas sin grasa | Identificación De Buen Lavado | Balde Limpio Mangera En Buen Estado Equipos De Protección En Buen Estado | Cantidad Continuo Tiempo: 2 minutos. | Ninguno | Ninguno | Ninguno | |
| | | Agua | | Eltipo | Bodega | | | Temperatura ambiente | | | | | | | |
| Almacenamiento | Operador De Planta | Piezas Lavadas | Baldec Coa Agua | Enjuague | Bodega | Piezas Almacenadas | Desengrase Electroli | Piezas Bien Lavado | Identificación Piezas En Buen Lavado | Baldec En Buenas Condiciones | Ninguno | Ninguno | Ninguno | Inventario De Piezas Lavadas | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Desengrase Electroli | Operador De Planta | Piezas Almacenadas | Tambor | Almacenamiento | Planta | Piezas Sin Grasa | Enjuague | Piezas Sin Lavadas Y Peso 25 Kg | Manejo Y Mezcla De Químico | Tambor En Buen Estado | Nivel De Químico Correcto | Ventilación | Uso De Químicos | Registro De Adiciones | |
| | | Niquelina | Tanque | Bodega | Planta | | | Temperatura: 40 C° -5 | Manejo Tecla | Tanque En Buen Estado | Tiempo: 5 Minutos | | | | |
| | | Agua | Rectificador De Voltaje | Eltipo | Planta | | | Temperatura Ambiente Nivel: 750 - 850 Litros | | Voltaje Correcto. Que No Hay Fugas Eléctricas | Niquelina Funcionando | | | | |
| | | Electricidad | Electrodos | Empresa Eléctrica | Planta | | | Voltaje: 1000 Amperios | | Electrodos En Buen Estado | Cable De Tecla En Buen Estado | | | | |
| | | Electrolitos (K100, Ni, Co) | Tecla | Bodega | Planta | | | Densidad: 8.10 lit. | | Tecla En Buen Estado | Voltaje Correcto | | | | |
| Enjuague | Operador De Planta | Agua | Tanque | Eltipo | Planta | Piezas Lavadas Sin Químico (K100, Ni, Co) | Neutra | Agua Temperatura Ambiente | Manejo de tambor. | Tanque en buen estado | Tiempo: 2 Minutos | Ninguno | Ninguno | Ninguno | |
| | | Producto Sin Grasa | Tambor | Desengrase Electroli | Planta | | | Piezas Sin Grasa | | Tambor en buen estado | | | | | |
| Neutralizado | Operador De Planta | Piezas Lavadas | Tambor | Enjuague | Planta | Piezas Neutraizadas | Zincado | Piezas Bien Lavadas | Manejo de tambor. | Tanque en buen estado | Tiempo: 2 Minutos | Ventilación | Uso Químicos | Registro De Adiciones | |
| | | Acido Y | Tanque | Bodega | Planta | Ph: 0-2 | | Tanque Limpio | Baló Limpio | | | | | | |
| Zincado (Galvano) | Operador De Planta | Agua | | Eltipo | Planta | Piezas Zincadas | Cromatado | Temperatura Ambiente | | | | | Ventilación | Uso Químicos | Registro Adiciones Hoja de control de producción galvanizado. |
| | | Piezas Neutraizadas | Tambor | Neutraizado | Planta | | | | | Tambor En Buen Estado | Tiempo: 35 Minuto | | | | |
| | | Bate | Tanque | Bodega | Planta | | | Bate: 1 Litro | Uso Correcto De Químicos | Tanque En Buen Estado, Sin Fugas | Densidad: 18-22 | | | | |
| | | Brillo | Rectificador | Bodega | Planta | | | Baléc: 1 L. | | | PH: 5 - 5.50 | | | | |
| | | Control de Zinc | Carro De Puntos | Añosos | Bodega | | | Cantidad De Químico Correcto Y Disolución Correcta | | Añosos Limpios | Voltaje: 8-10 Voltios Amperaje: 130-240 Amperios | | | | |
| | | Lámparas De Cinc | | Bodega | Planta | | | Lámparas De Cinc En Buen Estado Y Limpias | | | | | | | |
| | | Puntas De Cinc | | Bodega | Planta | | | | Manejo tambor | | Baló Limpio | | | | |
| | | Electricidad | Empresa Eléctrica | | Planta | | | Puntas De Cinc Bien Lavadas | | | Bomba En Buen Funcionamiento | | | | |
| Agua | | Eltipo | Planta | Voltaje: 2000 Amperios | | | Presión Correcta | | | | | | | | |
| Enjuague | Operador De Planta | Agua | Tambor | Eltipo | Planta | Piezas Lavadas | Cromatado | Agua Temperatura Ambiente | Manejo Tambor | Tambor En Buen Estado | Tiempo: 2 Minutos, Buen Caudal | Ventilación | Ninguno | Ninguno | |
| | | Producto Zincado | Bomba De Presión | Zincado | Planta | | | Bomba De Presión En Buen Estado | | | | | | | |
| Cromatizado | Operador De Planta | Producto Lavado | Tanque | Enjuague | Planta | Producto Cromatizado | Enjuague | Uso Correcto De Químicos | | Tanque En Buen Estado | | Ventilación | Uso De Químicos | Control De Adiciones | |
| | | Acido Nitrico | Tanque | Bodega | Planta | | | Uso Correcto Del Tambor | Tanque En Buen Estado | Tiempo: 10 Segundos | | | | | |
| | | Ca2 | Con presor | Bodega | Planta | | | Con presor En Buen Estado | | | | | | | |
| Enjuague | Operador De Planta | Producto Cromatizado | Tambor | Cromatado | Planta | Piezas Lavadas | Enjuague | Agua Temperatura Ambiente | Cont de tambor | Tambor En Buen Estado | Tiempo: 2 Minutos, Buen Caudal del agua. | Ventilación | Ninguno | Ninguno | |
| | | Agua | Bomba De Presión | Eltipo | Planta | | | | | Bomba De Presión En Buen Estado | | | | | |
| Enjuague | Operador De Planta | Producto Lavado | Mangera | Enjuague | Planta | Piezas Lavadas | Enjuague | Agua Temperatura Ambiente | | Mangera En Buen Estado | Tiempo: 10 Segundos | Ventilación | Ninguno | Ninguno | |
| | | Agua | Parrilla | Eltipo | Planta | | | | | Parrilla En Buen Estado | | | | | |
| Secado | Operador De Planta | Producto Lavado | Secadora | Enjuague | Planta | Producto Seco | Estación De Verificación | Piezas En Buenas Condiciones | Manejo De Máquina | Temperatura: 70 C°. | Tiempo: 10 Minutos | Ventilación | Ninguno | Ninguno | |
| | | Electricidad | | Empresa Eléctrica | Planta | | | | | Piezas En Buenas Condiciones Sin Fugas Eléctricas | | | | | |

Anexo B. Baño zincado.



Anexo C. Elcometer.

