



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Control estadístico de procesos en el área de pintura para reducir los productos defectuosos en la empresa J&G Ingeniería SAC, Nuevo Chimbote 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Industrial**

**AUTORES:**

Moreno Saavedra, Samuel Omar ([orcid.org/0000-0001-8808-9705](https://orcid.org/0000-0001-8808-9705))

Corrales Valencia, Magali ([orcid.org/0000-0003-1194-7163](https://orcid.org/0000-0003-1194-7163))

**ASESORA:**

Mg. Quispe Rivera, Teotista Adelina ([orcid.org/0000-0002-3371-1488](https://orcid.org/0000-0002-3371-1488))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas de Gestión de la Calidad

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**CHIMBOTE – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darnos la vida, a nuestros padres por sus consejos, valores y motivación constante, a nuestros seres amados que fueron de mucho apoyo para el logro de esta meta.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a la empresa J&G Ingeniería SAC por permitirnos realizar la investigación en sus instalaciones.

A nuestras familias, quienes siempre han estado a nuestro lado en cada paso del camino, comprendiéndonos y animándonos a través de nuestra investigación y otros logros.

Agradecer a nuestra asesora por guiarnos y enseñarnos siempre las herramientas que necesitábamos para aplicar nuestra investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Variables y operacionalización.....	12
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimiento.....	14
3.6. Métodos de análisis de datos.....	15
3.7. Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS.....	17
V. DISCUSIÓN.....	56
VI. CONCLUSIONES.....	59
VII. RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS.....	61
ANEXOS.....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Tuberías defectuosas en el área de pintura.....	30
<b>Tabla 2</b> Frecuencia de defectos en el pintado. ....	31
<b>Tabla 3</b> Costos del pintado de tuberías-Julio a Setiembre.....	32
<b>Tabla 4</b> Espesores de pintura-Mes Julio. ....	33
<b>Tabla 5</b> Espesores de pintura-Mes Agosto.....	36
<b>Tabla 6</b> Espesores de pintura-Mes Setiembre. ....	39
<b>Tabla 7</b> Espesores de pintura-Mes Octubre .....	43
<b>Tabla 8</b> Espesores de pintura-Mes Noviembre.....	46
<b>Tabla 9</b> Espesores de pintura-Mes Diciembre .....	49
<b>Tabla 10</b> Tipos de estadígrafos. ....	52
<b>Tabla 11</b> Normalidad de productos defectuosos-Pre Test y Post Test.....	53
<b>Tabla 12</b> Prueba de hipótesis para de productos defectuosos- Pre Test y Post test. ....	53
<b>Tabla 13</b> Pre Test y Post Test de espesores de pintura.....	54
<b>Tabla 14</b> Costo de pintado del Pre Test.....	54
<b>Tabla 15</b> Costo del pintado del Post Test. ....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Organigrama J&G SAC. ....	18
<b>Figura 2</b>	Mapa de procesos J&G SAC. ....	19
<b>Figura 3</b>	Proceso general de producción. ....	20
<b>Figura 4</b>	Sub proceso de pintado de estructuras metálicas. ....	21
<b>Figura 5</b>	Cinta Testex HT Coarse. ....	23
<b>Figura 6</b>	Cinta Testex HT X-Coarse. ....	23
<b>Figura 7</b>	Medición de rugosidad. ....	24
<b>Figura 8</b>	Termómetro de superficie. ....	24
<b>Figura 9</b>	Humedad relativa. ....	25
<b>Figura 10</b>	Psicómetro de voleo. ....	26
<b>Figura 11</b>	Tipos de boquillas. ....	26
<b>Figura 12</b>	Medidor de espesor de película en húmedo. ....	27
<b>Figura 13</b>	Medidor de espesor de película seca. ....	28
<b>Figura 14</b>	Diagrama Ishikawa-Proceso de pintado. ....	29
<b>Figura 15</b>	Número de tuberías defectuosas-Pre Test. ....	30
<b>Figura 16</b>	Tipos de defectos en el pintado-Pre Test. ....	31
<b>Figura 17</b>	Gráfica X-R para espesores de pintura-Mes Julio. ....	34
<b>Figura 18</b>	Capacidad del proceso de pintado-Mes Julio. ....	35
<b>Figura 19</b>	Gráfico X-R para espesores de pintura-Mes Agosto. ....	37
<b>Figura 20</b>	Capacidad del proceso de pintado-Mes Agosto. ....	38
<b>Figura 21</b>	Gráfica X-R para espesores de pintura-Mes Setiembre. ....	40
<b>Figura 22</b>	Capacidad del proceso de pintado-Mes Setiembre. ....	41
<b>Figura 23</b>	Plan de acción. ....	42
<b>Figura 24</b>	Gráfica X-R para espesores de pintura-Mes Octubre. ....	44
<b>Figura 25</b>	Capacidad del proceso de pintado-Mes Octubre. ....	45
<b>Figura 26</b>	Gráfica X-R para espesores de pintura-Mes Noviembre. ....	47
<b>Figura 27</b>	Capacidad del proceso de pintado-Mes Noviembre. ....	48
<b>Figura 28</b>	Gráfica X-R para espesores de pintura-Mes Diciembre. ....	50
<b>Figura 29</b>	Capacidad del proceso de pintado-Mes. ....	51

## RESUMEN

El propósito de la presente investigación es abordar el problema de productos defectuosos generados en el área de pintura de la empresa J&G Ingeniería SAC, por ello se determinará como el control estadístico de procesos reduce los productos defectuosos en el proceso de pintado estableciendo como objetivo general realizar el control estadístico con el fin de detectar causas comunes de variación y mejorar la calidad de los productos que salen del área de pintado. La metodología empleada a la presente investigación es del tipo aplicada con alcance explicativo y un enfoque cuantitativo. La población en estudio fueron los registros de productos defectuosos del presente año de la empresa J&G Ingeniería SAC. La muestra de la investigación fueron los registros del mes de Julio a Setiembre del 2022. Se aplicó el control estadístico de procesos obteniendo una reducción del 57% ( $\text{sig.}=0.000$ ) de los productos defectuosos y una reducción en costos del 35% luego de aplicar el plan de acción. Se concluye que el control estadístico de procesos tuvo un efecto positivo reduciendo los productos defectuosos de manera significativa.

**Palabras clave:** Control estadístico, productos defectuosos, procesos

## **ABSTRACT**

The purpose of this research is to address the problem of defective products generated in the painting area of the company J&G Ingeniería SAC, therefore it will be determined how the statistical process control reduces defective products in the painting process, establishing as general objective to carry out the statistical control in order to detect common causes of variation and improve the quality of the products that leave the painting area. The methodology used in this research is of the applied type with an explanatory scope and a quantitative approach. The population under study were the records of defective products of the current year of the company J&G Ingeniería SAC. The research sample was the records from July to September 2022. Statistical process control was applied, obtaining a 57% reduction (sig.=0.000) of defective products and a 35% reduction in costs after applying the action plan. It is concluded that the statistical process control had a positive effect in reducing defective products significantly.

**Keywords:** Statistical control, defective products, processes

## I. INTRODUCCIÓN

En el contexto internacional, la industria metalmeccánica abastece a la industria manufacturera para la producción, reparación, ensamblaje y transformación del acero. Participa en la ejecución de una diversidad de productos y servicios esenciales para el avance de la sociedad, que van desde la modificación del acero, hierro, aluminio y otros metales hasta su aprovechamiento en grandes edificaciones, fabricación de maquinaria, equipos, vehículos, transporte de pasajeros y de mercancías, maquinaria agrícola, así como instalaciones y servicios tales como tuberías para sondeos profundos y redes sanitarias, como gas y otros. De este modo, la actividad se vincula con otros sectores industriales que impulsan la economía en el sector construcción, automotriz, agricultura, transporte, entre otros.

La corrosión es uno de los tantos problemas que las industrias tienen que afrontar en casi todos los sectores. Un fenómeno de degradación que, según Nace Internacional las pérdidas económicas representan el 3% del PIB mundial oscilando entre los 2200 y 2500 millones de dólares anuales, siendo en china alrededor del 3,4% a 5% del PBI. Este problema destruye anualmente el 25% del acero producido en el mundo a razón de 5 toneladas por segundo (INFOCORROSIÓN, 2022).

El tratamiento superficial en los aceros tiene como fin alterar las características de los elementos o piezas metálicas. La función principal es proteger al acero y otros metales de la corrosión.

La protección de las estructuras metálicas se logra aplicando una o más capas con un recubrimiento superficial anticorrosivo elaborados con otros metales (níquel, cobre, zinc), o con una protección orgánica que puede incluir compuestos metálicos o no (laca, pintura, etc.). También tiene la función de mejorar la apariencia para fines decorativos o de lujo.

Hoy en día el pintado industrial es imprescindible, ya que se enfoca en limpiar, pintar superficies en grandes infraestructuras como en plantas industriales, centros comerciales, estructuras metálicas, silos, entre otros. El servicio de pintado ha crecido grandemente durante los últimos años. Esto se debe a la importancia que hoy en día las empresas e industrias requieren proteger sus construcciones de la

oxidación, corrosión, niveles altos de humedad, etc. Para combatir estos factores es fundamental proteger todas las superficies con pintura anticorrosiva y otros tratamientos específicos.

En nuestro País la pintura anticorrosiva es importante porque otorga muchos beneficios en proyectos industriales mediante su aplicación preventiva, esto reduce los gastos de mantenimiento y otorga una alta resistencia al desgaste de las estructuras metálicas. Su importancia de proteger sus elementos metálicos está relacionada directamente con la inversión en sus proyectos, mantenimientos correctivos, pérdidas totales de los elementos, seguridad de la infraestructura, recursos y personal.

A nivel local, la falta de aplicación de las normas respecto a protección superficial a través de la aplicación de pintura para evitar la corrosión del acero ha generado en muchas ocasiones un alto nivel de oxidación y deterioro de los componentes metálicos. Esto ocasiona un problema visual de las estructuras y un precio adicional por mantenimiento de las mismas, siendo muchas veces de 3 a 4 veces más caro que el sistema de pintado inicial.

En el área de pintura de la empresa J&G Ingeniería SAC se presentó una variación en la productividad en el proceso de aplicación de pintura anticorrosiva superficial en las diferentes estructuras metálicas, el cual implica realizar reprocesos para cumplir con las especificaciones del cliente y generando que los trabajos no se entreguen a tiempo.

Después de la aplicación de pintura se genera una variación en los espesores de película seca y en el valor del rendimiento práctico, esto afecta directamente en los costos de fabricación y afectando finalmente en la calidad del producto terminado.

La cantidad de galones de pintura necesaria para la ejecución de cada proyecto se calcula de acuerdo con el grosor de la película seca y el rendimiento práctico, la variación en el rendimiento práctico afecta directamente el suministro de existencias de pintura esto como consecuencia de la falta de procedimientos de trabajo, personal no capacitado, equipos en mal estado, instrumentos en mal estado o descalibrados.

Por otra parte, observando el estado existente de la empresa se puede describir lo siguiente: No cuenta con procedimientos óptimos para el trabajo el cual genera un consumo excesivo de pintura debido a que no se siguen las secuencias del trabajo para el pintado de las estructuras metálicas. El personal con el que cuenta la compañía carece de conocimientos profesionales debido a que su trabajo consta de la experiencia que han observado a lo largo del tiempo. Los operarios del área de pintado no cuentan con la capacitación adecuada generando una productividad baja.

El secado de pintura es tardío como consecuencia del uso de insumos de baja calidad incurriendo en una falta a las especificaciones indicadas por el cliente. Por lo tanto, planteamos el problema de investigación: ¿En qué medida el control estadístico de procesos ayudará a disminuir los productos defectuosos en el área de pintura en la empresa J&G Ingeniería SAC Chimbote 2022?

La justificación práctica de la presente investigación se genera por la obligación de disminuir el número de productos defectuosos y el sobre costo del proceso, ya que se verían afectadas en cuanto el cliente comenzara a rechazar producto. Por este motivo que debemos identificar el origen que provocan la mala calidad de los productos, tomando medidas preventivas y correctivas para que la compañía fabrique productos de calidad y la merma sea menor.

En el aspecto económico, la presente investigación contribuirá en la economía de la compañía obtenido como resultado una rentabilidad mayor. Esto permitirá un mejor desempeño de los recursos al utilizarse correctamente para evitar el uso excesivo de insumos o materias primas.

En el ámbito social, cuando un producto es elaborado bajo estándares de calidad, este trae como consecuencia clientes satisfechos, por tal motivo la investigación se enfoca en la empresa para no perder el vínculo con los clientes. De tal forma el que los productos ofrecidos sean competitivos y por lo tanto poder abarcar nuevos mercados.

El nivel metodológico de esta investigación servirá como material enriquecedor para posteriores investigaciones que tengan relación con el tema estudiado, a su vez, los métodos e instrumentos desarrollados en la investigación servirá como una

recopilación de datos para otras investigaciones futuras. En esta investigación usaremos como herramientas de recopilación de información el registro de productos defectuosos, hoja de verificación y finalmente el registro para realizar los gráficos X-R y la capacidad del proceso, paralelamente se utilizará el diagrama de Ishikawa y las gráficas de control con el fin de analizar el origen de los productos defectuosos.

El objetivo general se plantea de la siguiente manera: Realizar el control estadístico de procesos en el área de pintura en la empresa J&G Ingeniería SAC, Nuevo Chimbote 2022. Dentro de los objetivos específicos tenemos el realizar un diagnóstico actual de los productos defectuosos en el área de pintura. Determinar los límites de control y la capacidad del proceso del área de pintura para obtener la tolerancia estadística del proceso. Verificar si el control estadístico de procesos ha influenciado en la reducción de los productos defectuosos en la empresa J&G Ingeniería SAC. Así mismo se plantea la siguiente hipótesis general: El control estadístico de procesos reduce el número de productos defectuosos en la empresa J&G Ingeniería SAC, Nuevo Chimbote 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Después de buscar estudios sobre control estadístico de procesos y productos defectuosos se encontró lo siguiente:

Briones (2017) en su tesis profesional titulada “Control estadístico de procesos para la reducción del producto no conforme en la empresa MIGPLAS S.A”, elaborada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, describe como objetivo general reducir el porcentaje de producto no conforme en la empresa Migplas S.A. Su investigación tiene un diseño no experimental ya que se realizó una entrevista al personal del área de extrusión. El investigador llegó a la conclusión: Se redujo el exceso de chatarra hasta el 3% permisible por la empresa, el cuál obtendrá una recuperación económica como consecuencia de la reducción de desperdicio.

Fernández (2017) en su tesis profesional titulada “Control estadístico de procesos para validar la asociación de patrones como herramienta de calidad en envasado de botellas de licor reposado”, elaborada en la ciudad de Xalapa, México, describe como objetivo general aplicar el control estadístico de procesos para validar la relación de patrones en histogramas de color para asegurar la calidad en el embolsado de botellas de licor reposado. El diseño de su investigación es no experimental. El investigador llegó a la conclusión: Se usó el CEP para validar el principio de asociación de patrones con histogramas de color, por tanto, se aseguró la calidad en el envasado de botellas de licor reposado, pues sólo hubo un dato fuera de control para las medias y los rangos de los resultados, todas las botellas seleccionadas de manera automática estuvieron de acuerdo a la norma, en consecuencia, la hipótesis de trabajo fue verdadera.

Ochoa (2020) en su tesis profesional titulada “Control estadístico de proceso como herramienta para el aseguramiento de calidad en la industria de alimentos”, elaborada en la ciudad de Medellín, Colombia, establece el objetivo general identificar como el control estadístico de procesos influye en la calidad de la industria alimentaria. Su investigación es del tipo no experimental. El investigador llegó a la conclusión: La herramienta más apropiada para realizar un control estadístico es usar las gráficas de control (gráficas para variables discretas y continuas), ya que estas permiten realizar el seguimiento a las variables de los procesos con características de calidad del tipo continuo, (volumen, peso, longitud,

voltaje, temperatura, resistencia, humedad, etc.) y gráficos de control para los atributos aplicados a las características de calidad de aprobado o reprobado

Barrionuevo (2016) en su tesis profesional titulada “Diseño de un control estadístico de procesos para la línea de producción de camisetas de algodón confeccionadas en la empresa MEGASPORT”, elaborada en la ciudad de Ibarra, Ecuador, describe como objetivo general diseñar un control estadístico de la situación actual de la empresa y sugerir mejoras para mejorar la calidad de las camisetas de algodón producidas por MEGASPORT. Su investigación es del tipo no experimental. El investigador llegó a la conclusión: Como resultado del análisis del proceso, el potencial del proceso aumentó de la clase 4 a la clase 3 en términos de calidad. Los rendimientos mejoraron con incrementos de 16% y 9.3% en las variables analizadas en el proceso. En un mes se observó mejoras y se pudo reducir las quejas y devoluciones de productos del 9 % al 5 %.

Restrepo (2018) en su artículo de investigación titulada “Cartas de control para optimizar el proceso de pintura de láminas de aluminio”, describe como objetivo general demostrar cómo la utilización de cartas de control reduce la reprocesamiento y optimice el consumo de materias primas. El investigador llegó a la conclusión: Se identifica que el proceso está fuera de control estadístico y se pone en marcha la implementación de un plan de acción que permite minimizar las unidades reprocesadas aumentando el rendimiento de la materia prima.

Uchpas & Velázquez (2021) en su tesis profesional titulada “Implementación del Control Estadístico de la Calidad para Reducir el Número de Productos Defectuoso en la Empresa Acuicultura y Pesca S.A.C, Chimbote 2021”, elaborada en la ciudad de Chimbote, Perú, describe como objetivo general determinar el impacto de implementar el control de calidad estadístico en la disminución de los rechazos internos en la empresa Acuicultura y Pesca SAC. Su investigación es del tipo cuasi experimental. La muestra estuvo representada por la producción de polos en veinticuatro semanas. El investigador llegó a la conclusión: El control de calidad estadístico fue validado estadísticamente ( $p < 0.05$ ) donde se observó una mejora significativa del proceso y se obtuvo un valor significativo en términos de reducción de rechazos firmes. Se realizó un análisis T de Student para los indicadores de rendimiento de calidad, arrojando medias de 0,87 y 0,96, valor de p de 0,025.

López (2020) en su tesis profesional titulada “Propuesta de un sistema de protección con pintura para evitar la corrosión de estructuras metálicas en la ciudad de Piura-2020”, elaborada en la ciudad de Piura, Perú, describe como objetivo general una propuesta de Sistema de Protección de Pintura para Prevenir la Corrosión Atmosférica de Acero Estructural ASTM 572 Grado A50 en la Ciudad de Piura. Su investigación es del tipo no experimental. El investigador llegó a la conclusión: El primer tratamiento que deben tener todas las estructuras metálicas es el arenado del metal blanco mediante chorreado a presión. Es más económico hacer un tratamiento preventivo que hacerlo después de que una estructura se haya visto afectada. Ante este fenómeno, el chorreado a presión mejora la adherencia de la pintura al metal. La aplicación de pintura es el sistema de protección de acero estructural más utilizado en el mundo, por lo que ofrece muchas ventajas contra la corrosión. En este estudio, la mayoría de las imprimaciones se basan en resinas alquídicas o epoxi que inhiben el desgaste del acero, por lo que la aplicación de una capa de imprimación es eficaz para proteger el metal mediante la creación de una capa de pasivación sobre el metal.

León (2017) en su tesis profesional titulada “Control estadístico de procesos para mejorar la calidad en la línea de polos industriales, área de producción. Empresa NONO FASHION SAC LIMA, 2017”, elaborada en la ciudad de Lima, Perú, describe como objetivo general: Determinar cómo el control estadístico de procesos mejora la calidad la producción de polos del área de producción. Su investigación es del tipo aplicada, estudio realizado con una muestra en la producción de polos en las 2 semanas en los meses de estudio. El investigador llega a la conclusión: La mejora en la calidad de los polos se debió al uso de herramientas de control de procesos estadísticos, que permitieron identificar rápidamente la causa que afecta las especificaciones técnicas de las prendas. La calidad mejoró significativamente en un 6.59%, con una ganancia de S/ 2177.58 en la reducción de prendas defectuosas.

Valderrama (2017) en su tesis profesional titulada “Propuesta de implementación de técnicas de control estadístico de calidad para disminuir los índices de productos defectuosos e incrementar la rentabilidad en la empresa Inversiones Industriales del Amazonas S.A.C”, elaborada en la ciudad de Trujillo, Perú, describe como objetivo general minimizar el índice de productos defectuoso y aumentar la

rentabilidad de la compañía Inversiones Industriales del Amazonas S.A.C. La investigación es del tipo pre-experimental. El investigador llega a la conclusión: La introducción de gráficas de control estadístico redujo los rechazos en un 25% y mejoró la economía en S/. 188.28 por mes. La aplicación de un gráfico de control estadístico mejoró la volatilidad del proceso en un 100%. Inicialmente se detectó una inestabilidad del 6% y luego disminuyó al 0%.

Ferrel (2016) en su tesis profesional titulada “Aplicación de un control estadístico de procesos en la línea de embolsado de leche pasteurizada”, realizada en la ciudad de Lima, Perú, describe como objetivo general la aplicación de un control estadístico de procesos en una planta piloto de leche (unalm) para monitorear y controlar el proceso de una línea de envasado de leche. La investigación es de tipo de no experimental. El investigador llega a la conclusión: El índice de capacidad (Cpk) dio como resultado un 0.20 indicando que los valores medios están dentro de los límites de especificación y el  $C_p = 0,34$ , esto significa que el proceso de embolsado no es bueno y debe cambiarse. Se ha encontrado que las fuentes aleatorias (a menudo) causan variaciones en el peso de la leche envasada debido al diseño del proceso, como lo indica el  $C_p = 0,34$ . Los gerentes deben centrarse en el rendimiento de la máquina de embalaje. Esto se puede remediar comprando nuevos equipos que permitan que la máquina alcance su máxima capacidad posible.

Putri, et al. (2016) en el artículo de investigación “Quality Control of Product: Statistical Process Control”, describe como objetivo general aplicar el control de calidad del producto utilizando estadísticas de control de procesos y gráficos de Ishikawa para identificar la causa de los productos defectuosos. El investigador llega a la conclusión: Los resultados muestran que el 59,79% de los defectos son causados por el sangrado de tinta y el 1,26% son causados por el volumen de producción. Las investigaciones muestran que estos defectos son causados por la mano de obra, la maquinaria, los métodos de trabajo, el medio ambiente y los materiales, siendo la mano de obra la causa principal de los productos defectuosos.

Bjorman & Wisén (2020) en su tesis profesional titulada “Investigation of defective products and how to reduce them”, describe como objetivo general explorar cómo las piezas y los productos defectuosos afectan al aspecto de sostenibilidad de las

empresas de fabricación y como se pueden reducir los defectos. Su investigación es del tipo experimental. Según sus resultados: Es posible afirmar que al disminuir el número de defectos en la producción, las empresas pueden contribuir a un desarrollo más sostenible. La respuesta a la pregunta uno también se responde por el hecho de que es imposible tener cero defectos en la producción, por lo que es importante lo que las empresas hacen con los productos defectuosos una vez que se descubren. Reutilizar material de productos defectuosos en lugar de tirarlo también contribuirá a un desarrollo más sostenible; Es posible afirmar que el descubrimiento de productos defectuosos en una etapa temprana conduciría a una reducción de los defectos. También es posible afirmar que los procesos estandarizados para verificar piezas y productos defectuosos conducirán a la reducción de defectos.

Haipai (2015) en su tesis titulada "Implementation of Statistical Process Control in a High Volume Machining Center: Importance of Control Charts", describe como objetivo principal demostrar cómo la implementación de la metodología SPC puede reducir la tasa de desechos y mejorar calidad de producción, es un tipo de investigación no experimental. Según sus resultados la tasa de desechos se redujo del 8% al 4% y los ahorros potenciales en el área de columnas superan los \$200,000. La metodología SPC se ampliará a todo el centro de mecanizado en un futuro próximo, lo que supondrá un ahorro anual potencial de 600 000 dólares.

Para el proyecto de investigación se emplearon teorías relacionadas con la variable dependiente e independiente.

Para Carro & González (2015) el control estadístico de procesos es la aplicación de técnicas estadísticas para definir si los resultados del proceso son sólidos con el diseño del producto o servicio asociado.

Por su parte Gutiérrez & De la Vara (2009) afirma que el control de calidad estadístico es la aplicación de métodos estadísticos para el control de calidad.

Teniendo en cuenta los factores 6M como materiales, máquinas, mano de obra, métodos y medio ambiente, siempre hay variaciones en el proceso. Bajo circunstancias normales u ordinarias, las "M" natural o inherentemente contribuyen a la variabilidad del proceso, mientras que las seis M probablemente sufran

alteración, modificación, desplazamiento, desgaste, error, omisión y falla, por lo tanto contribuyen a fluctuaciones extraordinarias o anómalas.

La variación de causa común (o coincidencia) es la variación que persiste de un día a otro y de un lote a otro. Siempre, por supuesto, por los términos de 6M (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Las desviaciones de causa especial (o atribuidas) son causadas por circunstancias especiales o circunstancias que no son permanentes en el proceso (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

El CEP utiliza herramientas llamadas gráficos de control para detectar la producción de servicios o productos defectuosos, para indicar que los procesos de producción han cambiado tanto en los productos como en los servicios y si estos se han desviado de sus respectivas especificaciones de diseño, a menos que se hayan tomado medidas para corregir esta situación (Carro & Gonzáles, 2015).

Para Gutiérrez & De la Vara (2009) una carta de control es un gráfico que se utiliza para analizar y observar el comportamiento y la variabilidad del proceso a lo largo del tiempo.

Según la estadística que se controle, los gráficos de control se pueden dividir en dos grandes grupos: gráficos de control de variables y gráficos de control de atributos (Campos, 2017). El gráfico de control por variables posee características medibles (dimensiones, pesos, etc.), mientras que el gráfico de control por atributos posee una característica cuantitativa, recuento de defectos de productos y unidades defectuosas en una muestra.

Para Carro & Gonzáles (2015) Los gráficos de control de variables se utilizan para monitorear la media y la variabilidad de la distribución de su proceso. En este tipo de gráfico, las características tienden a ser medibles y deben tratarse como variables. Como tal, hay dos aspectos que se pueden controlar: la posición y la propagación (Campos, 2017).

Un gráfico de control de calidad de atributos es un gráfico utilizado para monitorear las características de calidad de aprobación o falla o para contar el número de desviaciones exhibidas por el producto analizado (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

El gráfico p es parte de las herramientas del control estadístico de procesos utilizada especialmente para evaluar la idoneidad para características específicas del producto, así como su cumplimiento, aprobación o desaprobación (Gestión de operaciones, 2017).

Se dice que un proceso es capaz si su capacidad es alta. Si es estable a lo largo del tiempo en cuanto el proceso ha sido dominado. (Salazar, 2019).

Por su parte Gryba, et al. (2007) La capacidad del proceso mide la variación inherente del producto que es resultado de un proceso (p. 689).

Según Ishikawa (1989), un producto de buena calidad es aquel producto que tiene una alta calificación general en todas las cualidades evaluadas. En otras palabras, es aquel que posee propiedades bien balanceadas (p. 39).

Un producto es un objeto manufacturado, entendiéndose por tal cualquier cosa física producida de forma natural o industrial a través de un proceso y utilizada para el consumo o uso personal. Así mismo un producto debe poseer un conjunto de propiedades y atributos, es decir, imagen corporativa, marca, servicio que el cliente consume para satisfacer sus necesidades.

Un producto defectuoso es aquel que no proporciona la seguridad que se espera del producto, teniendo en cuenta todas las circunstancias tales como diseño, método de comercialización, uso de publicidad, avisos o advertencias, material, contenido y demás requisitos del producto (Esquivel, 2015, p. 8).

Para ISO 9001 (2015) indica que un defecto es el incumplimiento de los requisitos para un uso o propósito particular.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Por el propósito de estudio la investigación es de tipo aplicada. Según Arias (2020) este tipo de investigación se ofrece en un tipo básico o puro ya que se encarga, a través de la teoría, de resolver problemas reales a partir de las percepciones, descubrimientos y soluciones planteadas para el objeto de la investigación. Por tal motivo buscaremos determinar cómo influye el control estadístico de procesos con el fin de reducir los productos defectuosos en el área de pintura. La investigación tiene un alcance explicativo. Para Hernández, Fernández, & Baptista (2010) La investigación explicativa hace más que explicar conceptos y fenómenos o establecer relaciones entre conceptos. Es decir, pretende abordar la causa de un hecho o fenómeno físico o social. Este tipo de estudio se concentra en dar una explicación del por qué ocurre un fenómeno y cómo puede manifestarse, por qué se relacionan dos o más variables. El trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo. Según Bernal (2010) La investigación cuantitativa se basa en medir las propiedades de los fenómenos sociales. Es decir, del marco conceptual asociado al problema analizado se deriva un conjunto de hipótesis que representan las relaciones entre las variables estudiadas a priori.

El trabajo de investigación tiene un diseño experimental de categoría pre experimental. Para Ríos (2017) Un diseño experimental es la manipulación y el control del comportamiento de las variables por parte de un investigador. Intenta explicar los efectos de las intervenciones, los estímulos o las causas de los eventos. Existen tres diseños metodológicos en los estudios experimentales: pre experimental, experimental puro y cuasi experimental.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

El presente trabajo de investigación tiene dos variables: control estadístico de procesos y productos defectuosos. Una vez se haya identificado las variables de la investigación, se procede a conceptualizarlas y operacionalizarlas. Se hace referencia a las variables independientes como cualquier aspecto, hecho, circunstancia o

característica considerada "causa" en la relación entre las variables. La variable dependiente se conoce como el resultado o efecto producido por la acción de las variables independientes (Bernal, 2010).

La manipulación de dos variables se realiza en una tabla que contiene los siguientes puntos: definición conceptual, operacional, indicadores y escala de medida.

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo**

Ríos (2017) define a la población como un conjunto o colección de grupos de elementos, casos u objetos que se desea estudiar, determinados por sus propiedades. Para Mejía (2005), la población es una serie de temas o elementos que comparten características comunes. Es decir, la población es el conjunto de miembros de la unidad de análisis. La población estuvo determinada por los registros de productos no defectuosos del presente año de la empresa J&G Ingeniería SAC. La unidad de análisis está determinada por el espesor de pintura de los elementos pintados. Bernal (2010) indica que la muestra es la parte de la población seleccionada de la cual se obtiene efectivamente la información y de la cual se miden y observan las variables estudiadas para el desarrollo del estudio. El criterio de inclusión fueron los registros de productos defectuosos de los meses de julio a setiembre del 2022 y el criterio de exclusión fueron los registros de productos defectuosos del año 2021. La muestra de la investigación serán los registros del mes de Julio a Setiembre del 2022. El tipo de muestreo es aleatorio simple, y el procedimiento de selección será utilizando la función random.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La obtención de datos implica recopilar y ordenar datos sobre las variables, contextos, hechos, categorías relevantes para el estudio. Estos requieren un uso correcto, preciso y probado de las herramientas. El proceso de medición de variables debe utilizar técnicas como entrevistas, revisión de literatura, encuestas, sesiones de profundidad y la sociometría (Useche et al. 2019, p.30).

El tipo de estudio determina la técnica utilizada, ya que las técnicas de recolección de información son los procedimientos y actividades que examinan los problemas planteados por las variables investigadas en el estudio. Los instrumentos son herramientas que se utilizan para recopilar datos sobre hechos investigados. (Bavaresco, 2010 citado en Useche, et al. 2019).

La técnica que se empleará en la investigación será la observación, ya que nos permitirá visualizar las dificultades que se presenten en el área de pintura de tal forma que comprobará la falta de experiencia y métodos de trabajos para realizar el recubrimiento superficial de las estructuras metálicas. También se empleará el análisis documental con el cual se podrá analizar y estudiar la información registrada en los archivos de la empresa J&G Ingeniería SAC, con esta información se tendrá referencias de los productos defectuosos ocasionados en el área de pintura e identificar las causas que las generan.

Para (Arias, 2006 citado en Uchpas & Velázquez, 2021) los instrumentos son todo tipo de formato o instrumento que se utiliza para recopilar información. En la presente investigación se utilizará los instrumentos: registro de productos defectuosos, hoja de verificación, registro para obtener los graficos p, np y la capacidad del proceso.

### **3.5. Procedimiento**

#### **Etapa 1: Para realizar el diagnostico actual de productos defectuosos encontrados en el área de pintura**

- El número de productos defectuosos se podrá conocer a través de un registro de campo el cual nos permitirá conocer los defectos generales encontrados en el área de pintura de la empresa J&G Ingeniería SAC.
- Aplicar la hoja de verificación para segmentar los tipos de defectos encontrados en el pintado de las estructuras metálicas.
- Finalmente se realizará un diagrama de Ishikawa que permitirá aclarar las causas de los problemas que afectan la producción en la empresa debido a la aparición de productos defectuosos en el área de pintura.

## **Etapa 2: Determinar los límites de control y la capacidad del proceso del área de pintura para obtener la tolerancia estadística del proceso.**

- Aplicar el gráfico de control X-R de medias y rangos para conocer si el pintado tiene puntos fuera de control.
- Aplicar formatos de registro de muestra para determinar la capacidad del proceso de pintado.

## **Etapa 3: Verificar si el control estadístico de procesos ha influenciado en la reducción de los productos defectuosos en la empresa J&G Ingeniería SAC.**

- Realizar un cuadro de costos de pintura en el pre test y post test.
- Realizar el conteo de productos defectuosos pre test y post test.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Este estudio utiliza el programa Microsoft Excel para análisis que involucren datos cuantitativos, ya que el análisis descriptivo permite detallar el comportamiento de las variables por métodos estadísticos. Medidas de variabilidad y tendencia central, así como distribuciones gráficas y de frecuencia utilizando el Minitab y el SPSS compilado de manera similar.

Después de analizar los datos mediante un programa estadístico, se realiza una comparación de medias para ayudar a comparar la hipótesis. Por esa razón, cabe señalar que elegimos dos estadísticos para este estudio: Shapiro Wilk y Kolmogorov Smimov. El primer estadístico, Shapiro Wilk, se utiliza cuando los datos a analizar son inferiores a 30, y Kolmogorov Smimov cuando la muestra es mayor 30 datos. Se considerará el uso de T-Student si la variable de estudio tiene propiedades paramétricas y se usa Wilcoxon si la variable de estudio no es paramétrica.

### **3.7. Aspectos éticos**

Para la elaboración de la presente investigación se solicitó de manera formal a la gerencia general el poder recopilar información teniendo en cuenta los aspectos

éticos y la objetividad del caso, así como el cuidado por la propiedad de J&G SAC. Por otra parte, se guardará confidencialmente los datos de la empresa del área en estudio, así mismo se usarán datos reales del proceso de pintado tomadas por el investigador y la indagación de los productos defectuosos generados en dicha área.

Este trabajo de investigación es realizado bajo las directrices de la norma ISO 690. Del mismo modo se utilizó el software antiplagio Turnitin, el cual arrojará el resultado de similitud. Por su parte, la Universidad César Vallejo haciendo referencia a la resolución de Consejo Universitario N°0126-2019/UCV, expresa que en la realización de investigaciones científicas es necesario establecer diversas normas que regulen las buenas prácticas y aseguren la promoción de principios éticos.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Datos generales de la empresa**

- **Ubicación** : Urb. Los Cipreces Mz. T Lt. 37-Nuevo Chimbote
- **Gerente General** : Gerson Alfaro Merino
- **Teléfono** : 987800656 - 945537118
- **Ruc** : 206044500657
- **Página web** : <https://jyg.com.pe>

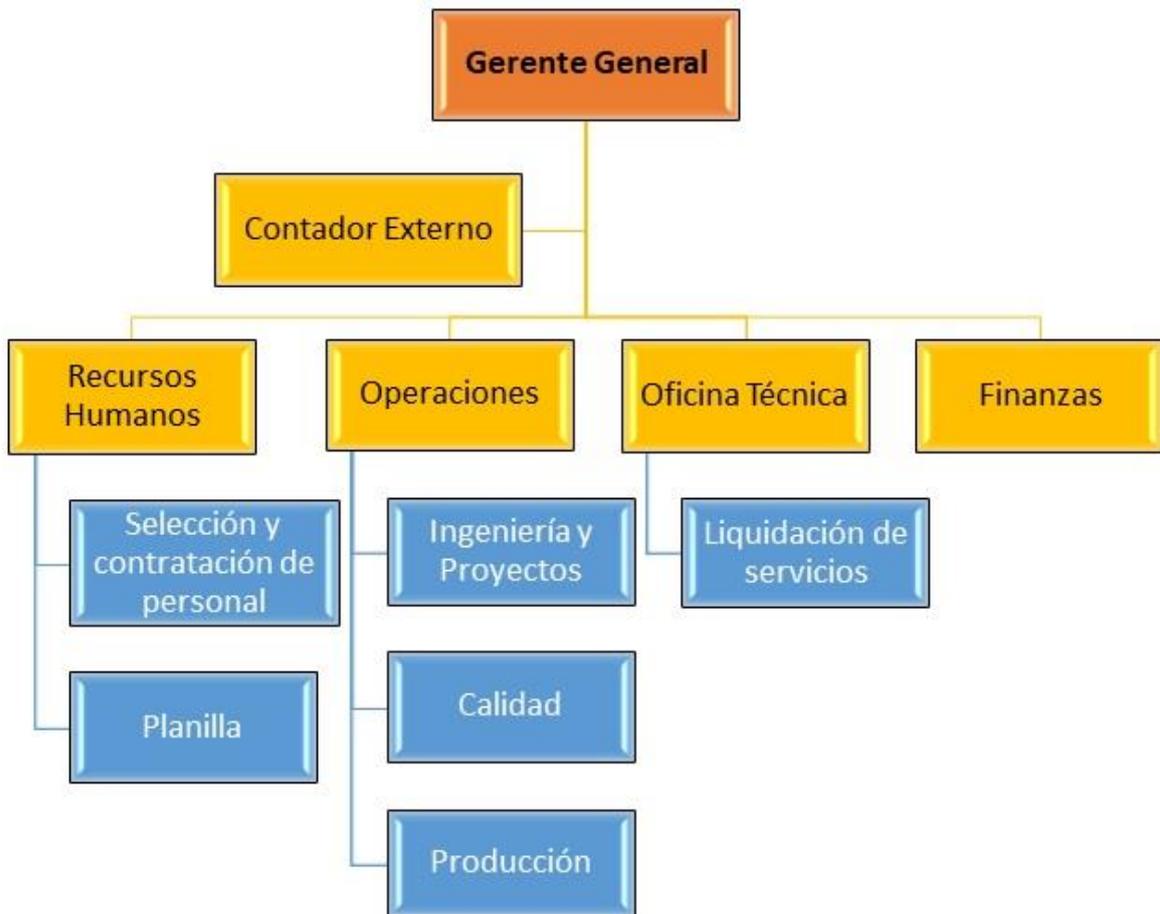
### **Misión**

Somos una empresa de origen chimbotano, dedicados a la asesoría, consultoría, ingeniería e implementación de soluciones integrales para los sectores productivos.

### **Visión**

Para el 2025, nos fortaleceremos como una empresa que utiliza estándares de calidad para hacer crecer nuestro negocio y aumentar nuestra presencia a nivel local y nacional como líder en nuestro campo. Cumplir con los más altos estándares de seguridad, medio ambiente y control de calidad.

## Organigrama



**Figura 1**

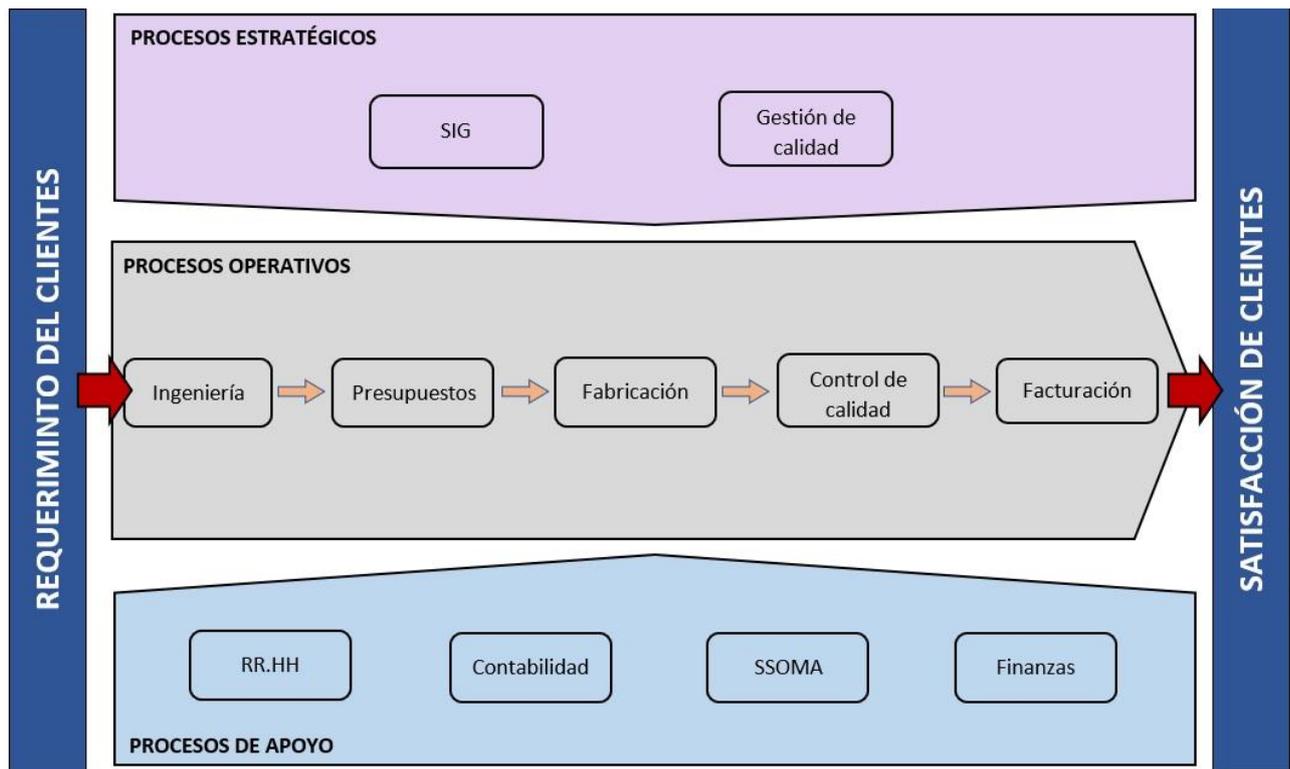
*Organigrama J&G SAC.*

**Fuente:** J&G SAC, 2022.

### Unidades de producción

J&G Ingeniería SAC tiene su planta de producción ubicada en Chimbote, Santa siendo su producción derivada en 3 unidades operativas:

- ✓ Planta de fabricaciones metálicas
- ✓ Montajes electromecánicos de todo tipo de estructuras: livianas, apornada o soldada, galvanizada y pintada.
- ✓ Mantenimiento y reparación de equipos industriales



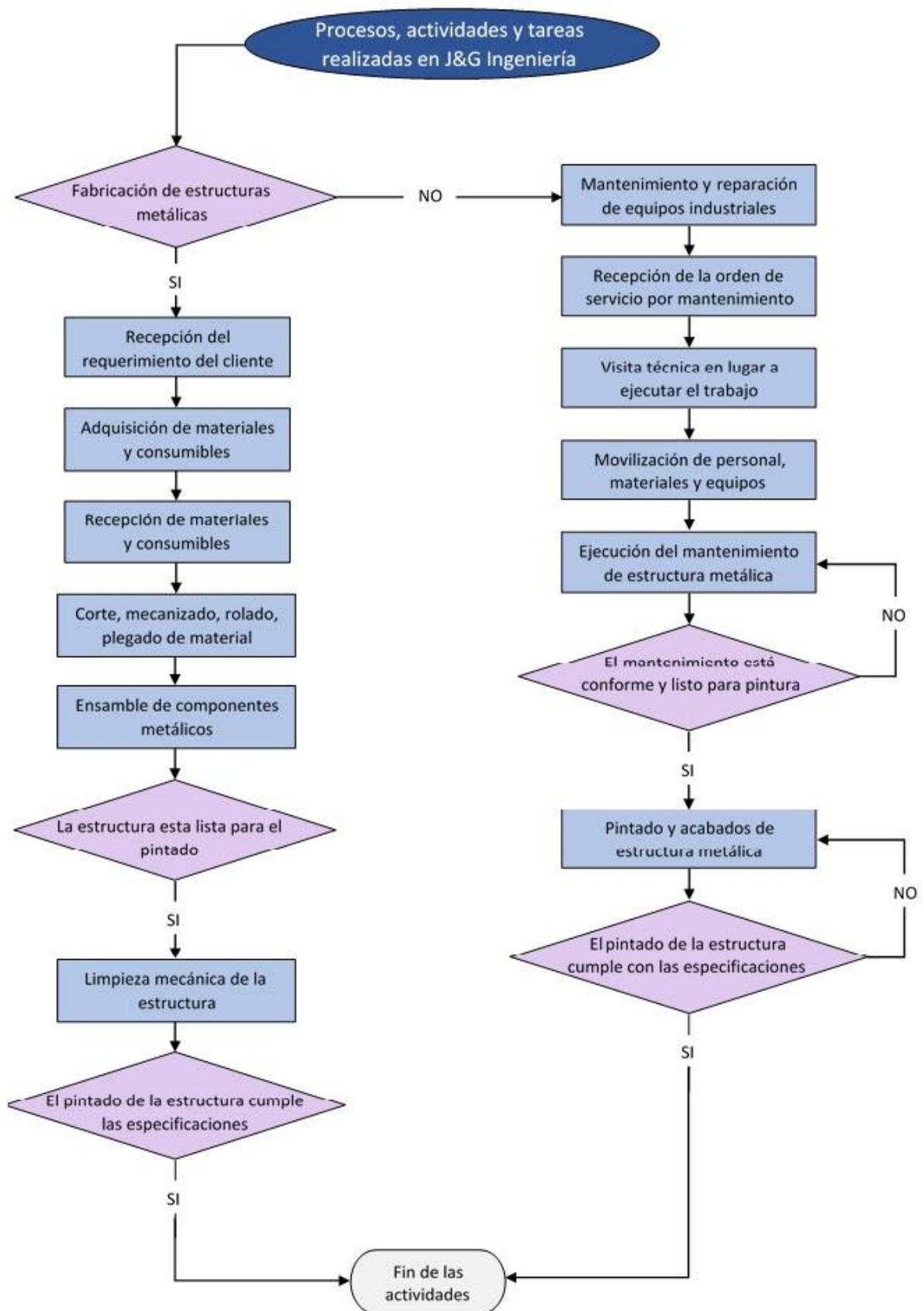
**Figura 2**  
 Mapa de procesos J&G SAC.

**Fuente:** J&G SAC, 2022.

Se han identificado los procesos compuestos por J&G SAC existiendo una buena relación y apoyo entre todos los procesos para cumplir con los requisitos necesarios para implementar y culminar los proyectos asignados.

### Proceso general del área de producción

El proceso de producción en taller se describe de manera secuencial en el siguiente diagrama de flujo.

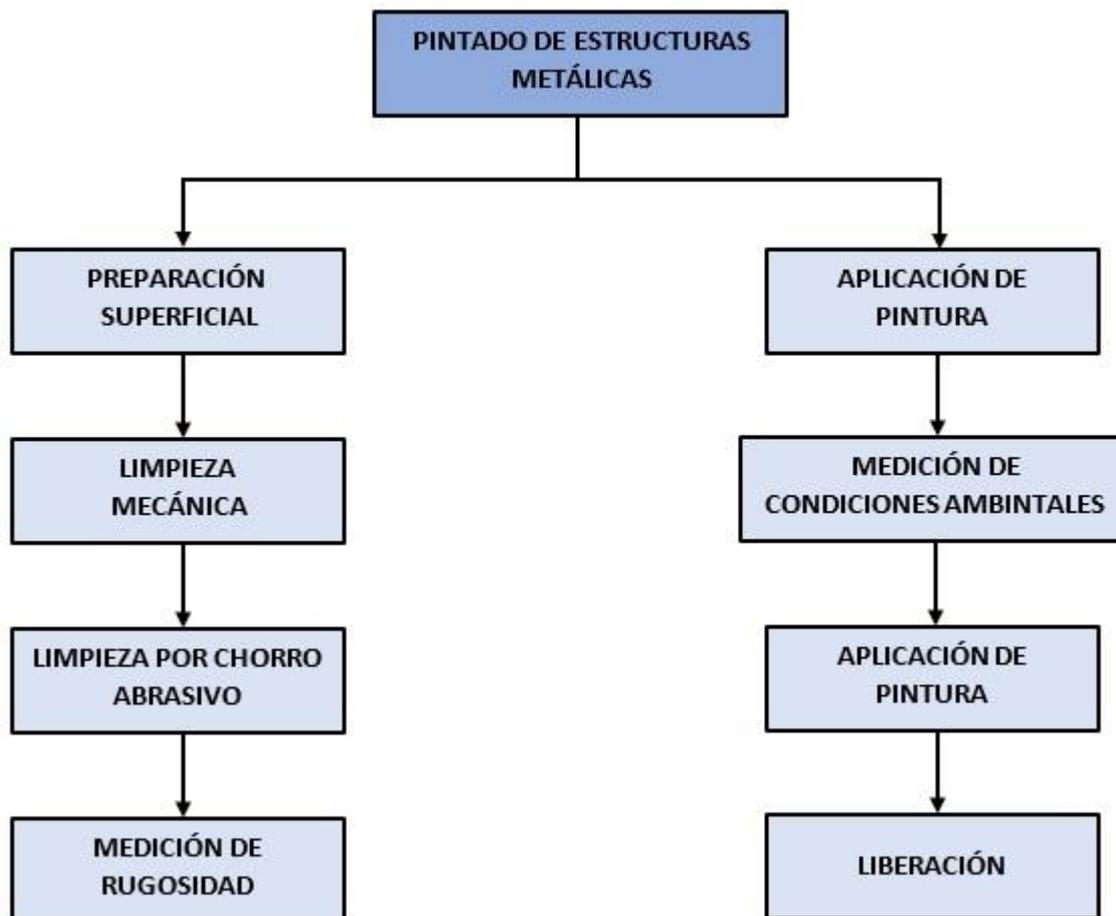


**Figura 3**  
Proceso general de producción.

Fuente: J&G SAC, 2022.

## Subproceso del pintado de estructuras metálicas

El subproceso de pintado de la empresa J&G Ingeniería SAC está compuesto por las actividades detalladas a continuación:



**Figura 4**

*Sub proceso de pintado de estructuras metálicas.*

**Fuente:** Elaboración propia, 2022.

Este subproceso es muy utilizado para la protección de estructuras metálicas, las principales ventajas que provoca el uso de este tipo de protección son su versatilidad, fácil aplicación, amplia gama de colores, bajo costo y su sistema de aplicación en diversos metales.

### 4.2. Descripción de las actividades de pintado

## **Preparación superficial**

La preparación de la superficie incluye pasos para eliminar los contaminantes que pueden afectar el revestimiento. Los revestimientos modernos requieren superficies tanto limpias como rugosas para lograr una estabilidad a largo plazo.

Las superficies de acero que se van a recubrir a menudo requieren una limpieza previa para evitar fallas prematuras debido a controles inadecuados de preparación de la superficie para detectar contaminantes tales como grasa pesada, suciedad, polvo o depósitos de soldadura. Su existencia debe eliminarse por completo.

## **Limpieza mecánica**

Prepare la superficie o límpiela manualmente con herramientas eléctricas o neumáticas para eliminar impurezas como depósitos de soldadura, oxidación, pintura vieja y otros depósitos. Es posible que este método no elimine por completo todos los depósitos superficiales.

## **Limpieza por chorro abrasivo**

Preparar o limpiar la superficie con una máquina de chorreado abrasivo conocida como chorreado o chorreado con arena - capa de metal blanco.

Este método de limpieza limpia la superficie soplando todo tipo de abrasivos bajo presión. Este método elimina todos los residuos, óxido, pintura y depósitos.

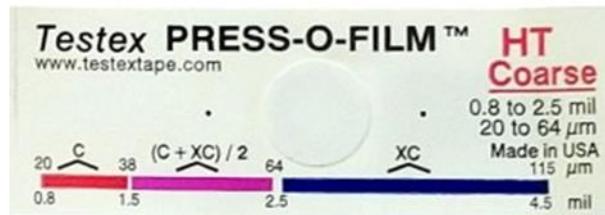
La superficie debe estar libre de restos de aceite, grasa, polvo, óxido, revestimiento azul y pintura. Se utiliza en lugares con condiciones extremadamente duras, como contaminantes ácidos, soluciones de sales, etc.

## **Medición de rugosidad**

Se realizan mediciones del perfil de la superficie utilizando cinta duplicada (Press-O-Film HT o cinta testex) para garantizar que la superficie preparada tenga el perfil requerido, como se indica en la especificación del recubrimiento. Ejecutado después de la limpieza de la superficie.

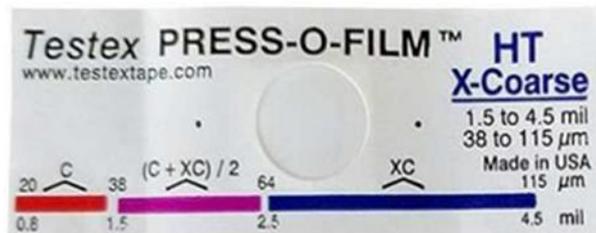
Las pruebas se realizan inmediatamente después de la limpieza con el método de tratamiento de superficie seleccionado. Siempre y cuando se pruebe que esté libre de restos de polvo líquido. Los dos tipos más comunes de cintas de réplica que se utilizan para medir la rugosidad de las superficies de acero son:

- Cinta gruesa "Coarse" para medir perfiles de anclaje de 0,8 a 2,5 mil (20 a 64  $\mu\text{m}$ )



**Figura 5**  
*Cinta Testex HT Coarse.*

- Cinta extra gruesa "X-Coarse" para medir perfiles de anclaje de 1,5 a 4,5 mil (38 a 115  $\mu\text{m}$ )



**Figura 6**  
*Cinta Testex HT X-Coarse.*

### **Procedimiento de medición de rugosidad**

- Retire la funda de la cinta, adhiérala a la superficie.
- Frote el círculo (película fina de espuma) con la herramienta de pulido redondeada (bruñidor).
- Retire la cinta y mida con un micrómetro análogo dentro del área circular.

- Registre el valor del micrómetro análogo y reste 2 mil (este es el espesor de la cinta). El valor obtenido de esta resta es el valor medido del perfil de superficie.



**Figura 7**  
*Medición de rugosidad.*

### Temperatura de superficie

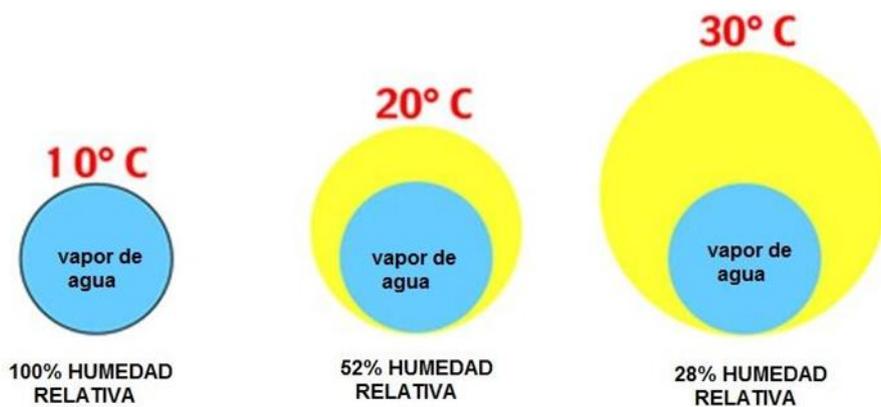
La norma ASTM 3276 especifica que la temperatura superficial mínima para la aplicación de pintura suele ser de 5 °C (40 °F) y la temperatura superficial máxima para la pintura suele ser de 50 °C (125 °F). Además, la pintura solo debe aplicarse a superficies que estén al menos 3 °C (5 °F) por encima del punto de rocío para evitar que la superficie se humedezca. Para medir esta temperatura se utiliza un instrumento llamado termómetro mecánico de superficie de contacto magnético.



**Figura 8**  
*Termómetro de superficie.*

## Humedad Relativa (HR)

Esta es una medida de la cantidad de agua en el aire en relación con la saturación. Los valores de humedad demasiado altos o demasiado bajos pueden afectar la aplicación de la pintura. Muchas especificaciones de pintura limitan la aplicación si se pretende aplicar la pintura. Si la humedad relativa es demasiado alta, es posible que no haya lugar para que el solvente se evapore. Cuando esto sucede, el solvente permanece en la pintura, lo que provoca problemas en la película de pintura, como la adhesión del solvente, lo que hace que sea imposible curarla.



**Figura 9**  
*Humedad relativa.*

## Punto de rocío

Es la temperatura a la cual el aire debe enfriarse para que el vapor de agua pueda condensar o congelarse. Para medir la humedad relativa, la temperatura ambiente y la temperatura de rocío se emplea un instrumento llamado psicómetro.



**Figura 10**  
*Psicómetro de voleo.*

### **Aplicación de pintura**

La aplicación de pintura se realiza con un equipo de aire comprimido llamado Airless (atomizador sin aire) comprendida de una bomba con un pistón el cual succiona la pintura depositada en un recipiente forzándolo a través de una línea de alta presión de hasta 9000 psi. La pintura es expulsada por una pistola a través de un orificio y presionando el gatillo libera la fuerza y el volumen de pintura.



**Figura 11**  
*Tipos de boquillas.*

## **Espesor de película húmeda**

Durante la aplicación de pintura se debe llevar un control del espesor de película húmeda (EPH) utilizando un medidor manual tipo peine. Este instrumento servirá para proyectar el espesor de pintura en seco, y dependerá de ello para aplicar más capas de pintura.



**Figura 12**

*Medidor de espesor de película en húmedo.*

## **Espesor de película seca**

Una vez que la pintura haya secado y curado al tacto, se procede a realizar mediciones de espesor tal y como menciona la norma SSPC-PA2, el cual hace referencia a un número mínimo de lecturas que deben encontrarse dentro del rango especificado. En base al tiempo del secado y del tipo de pintura se aplicará más capas de pintura para llegar al espesor indicado por el cliente.



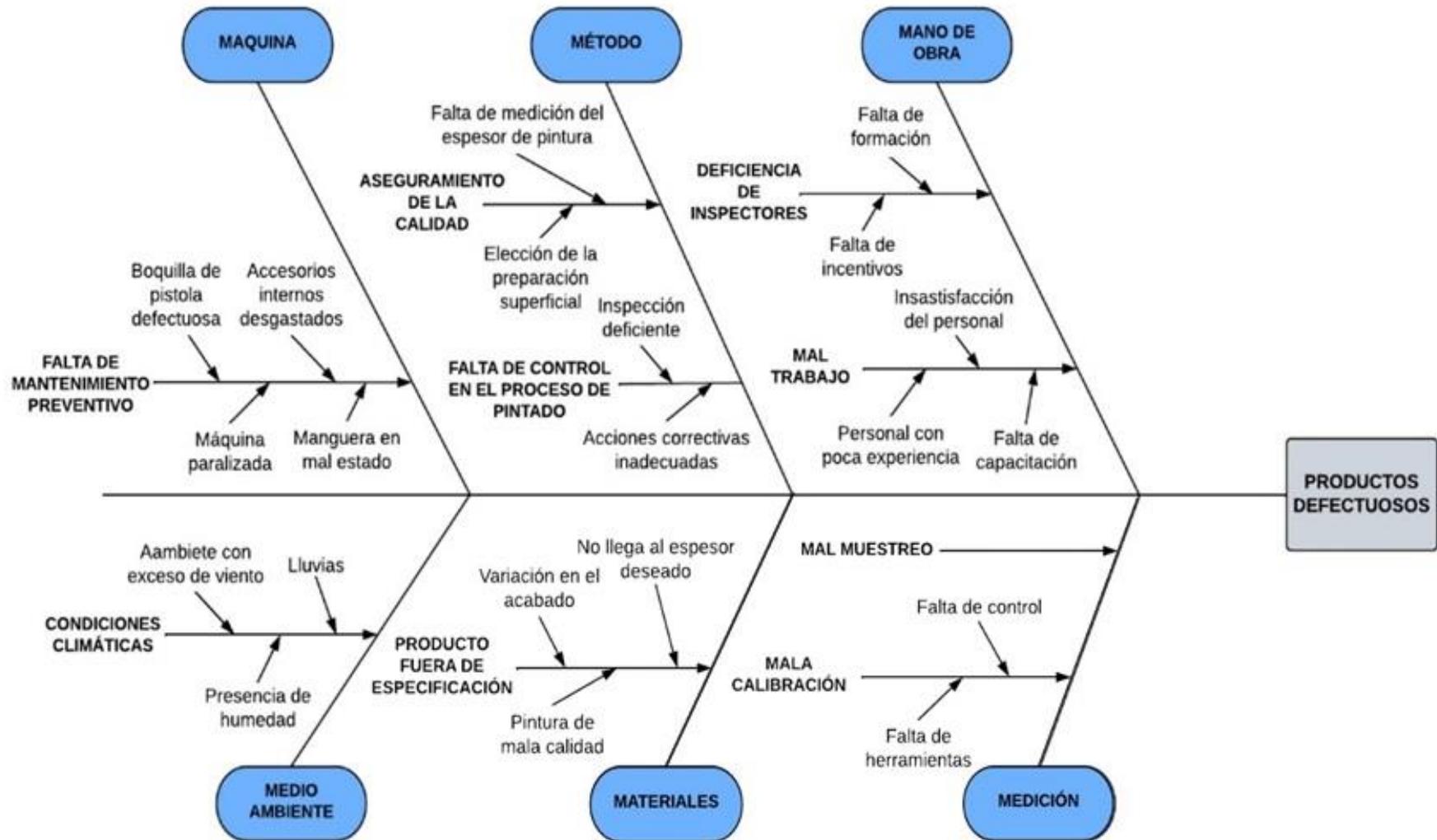
**Figura 13**  
*Medidor de espesor de película seca.*

#### **4.3. Situación actual en el área de pintura de la empresa J&G SAC.**

Para el estudio y análisis del proceso de pintura en la empresa J&G Ingeniería SAC, se tomará como referencia el proyecto “**Fabricación de 180m de tubería de Øint 600mm**”, el servicio se realiza para la empresa Cartavio S.A y consta de la fabricación de tuberías en material ASTM A36 con espesor de 9.5mm y aplicación de pintura base a 3 mils de espesor en seco, la pintura a usar es Zinc Clad IV de Sherwin Williams. El proyecto inicia en junio del 2022 y a partir del mes de Julio se realiza la toma de mediciones del espesor de pintura en las tuberías, tomando como muestra 25 tubos para cada mes. El tiempo de recolección de datos para el pre test fue desde Julio a Setiembre del 2022.

Con los datos obtenidos durante ese periodo de tiempo se realizará las gráficas de control pudiendo identificar los límites superior e inferior del proceso, además de verificar si el proceso está bajo control y si presenta alguna causa asignable.

A continuación, se presenta el diagrama de Ishikawa bajo el método de las 6M se puede identificar las posibles causas que hacen que haya productos defectuosos en el área de pintura de la empresa.



**Figura 14**  
 Diagrama Ishikawa-Proceso de pintado.  
 Fuente: Elaboración propia, 2022.

Con el diagrama de Ishikawa se puede apreciar las causas probables que ocasionan un producto defectuoso en el área de pintura. El producto defectuoso radica en el espesor de pintura que, al sobrepasar el espesor indicado por el cliente esto genera retraso en la entrega y un sobre costo por cada elemento pintado.

Con la inspección visual del pintado se realizó una tabla en donde se registra la frecuencia con la que los defectos aparecen luego de la aplicación y secado de la pintura.

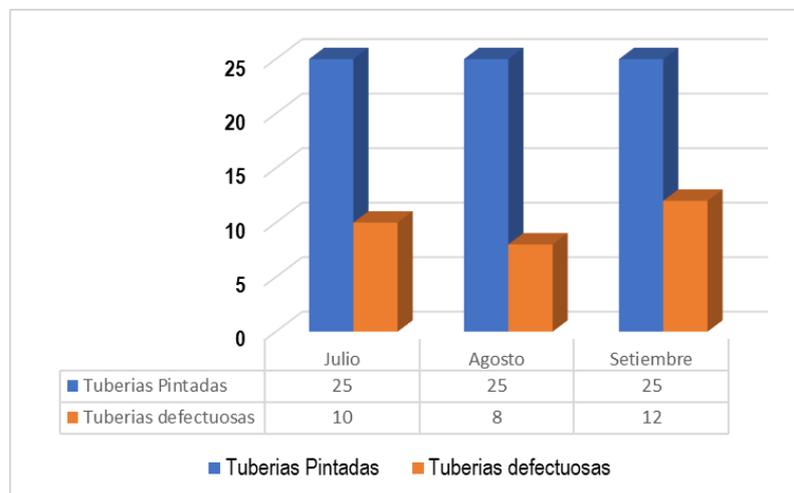
**Tabla 1**

*Tuberías defectuosas en el área de pintura.*

Mes	Tuberías Pintadas	Tuberías defectuosas <sup>a</sup>	Índice (%)
Julio	25	10	33
Agosto	25	8	27
Setiembre	25	12	40
<b>Total:</b>	<b>75</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2022.

a: Producto defectuoso en base al bajo espesor de pintura



**Figura 15**

*Número de tuberías defectuosas-Pre Test.*

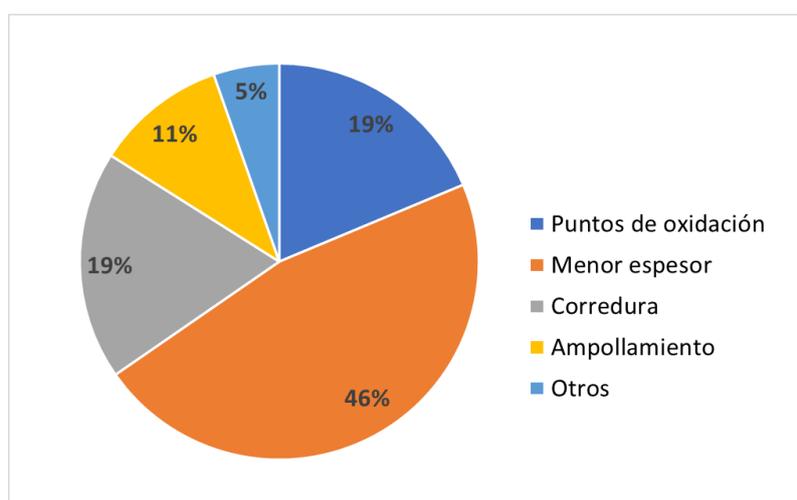
**Fuente:** Elaboración propia, 2022.

**Tabla 2**

*Frecuencia de defectos en el pintado.*

Item	Tipo de defecto	Frecuencia	%
1	Puntos de oxidación	14	18.67
2	Menor espesor	35	46.67
3	Corredura	14	18.67
4	Ampollamiento	8	10.67
5	Otros	4	5.33
<b>TOTAL:</b>		<b>75</b>	<b>100.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2022.



**Figura 16**

*Tipos de defectos en el pintado-Pre Test.*

**Fuente:** Elaboración propia, 2022.

Se puede observar en la gráfica que el tipo de defecto presentado en el pintado de las tuberías de agua es el de menor espesor con un 46%, seguido de puntos de oxidación y corredura con 19%, ampollamiento con 11% y finalmente otros defectos menores que representan el 5%.

Con este resultado se observa que el bajo espesor de pintura es el defecto por el cual no se acepta el pintado en la estructura, además que el cliente no da conformidad al producto por no llegar al espesor (76 micrones) por consecuencia no cumple con la especificación técnica. Esto genera que el cliente quiera rechazar

el producto y la empresa tenga que repintar las tuberías generando costos adicionales de horas hombre y de pintura.

Para el proyecto se había planeado un consumo de pintura por tubería de 0.25 gl, con la muestra de 25 tubos en cada mes se tendría un consumo total de 6.25 gl y un costo de S/ 593.75. Esto no se está cumpliendo ya que se emplea mas pintura de lo proyectado a raíz de no llegar al espesor de pintura lo que hace que se vuelva a repintar la tubería.

A continuación, se presenta un cuadro con los costos de pintado durante los meses de Julio a Setiembre como datos del pre test.

**Tabla 3**

*Costo (en soles) del pintado de tuberías-Julio a Setiembre.*

COSTO DEL PINTADO DE TUBERIAS					
Mes	Descripción	Cantidad	U.M	Precio Unit. (S/)	Costo Total (S/)
Julio	Zinc Clad IV	9	gl	95.00	855.00
Agosto	Zinc Clad IV	7	gl	95.00	665.00
Setiembre	Zinc Clad IV	10	gl	95.00	950.00

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Como se puede observar en la tabla 3, el costo por mes para el pintado de tuberías excede el costo estimado siendo el aumento del 44%, 12% y 60% respectivamente. Estos costos adicionales hacen que la utilidad de la empresa no sea la esperada. La empresa debe tomar acciones para mejorar el proceso de pintado y no tenga que repintar las tuberías ocasionando así la no calidad y la molestia del cliente.

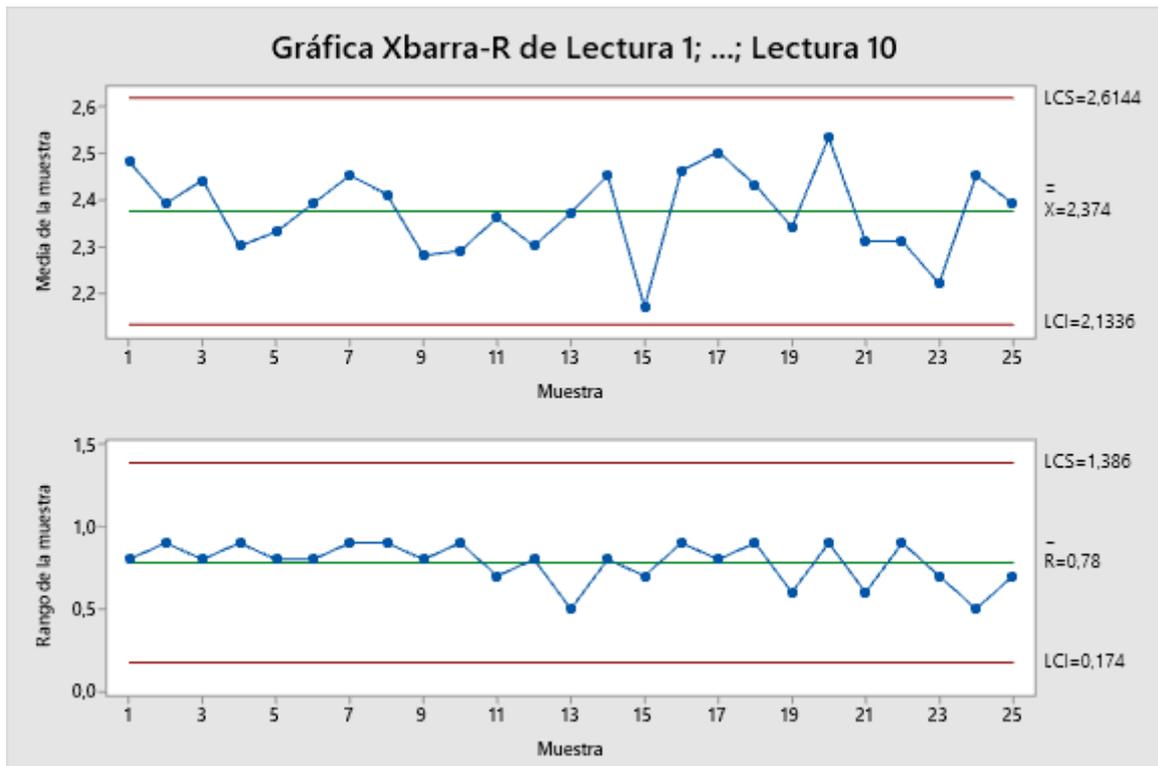
Como parte del pre test, se realizó el control estadístico al proceso de pintado durante los meses de Julio a Setiembre y con los datos obtenidos se lleva a cabo las gráficas X-R y capacidad del proceso. La capacidad del proceso se realizará siempre y cuando el proceso este bajo control y los puntos no sobrepasen los límites de control.

A continuación, se presentará el control estadístico como parte del pre test y analizaremos el comportamiento del proceso de los meses ya mencionados.

**Tabla 4***Espesores de pintura-Mes Julio.*

<b>PINTADO DE TUBERIA - MES JULIO</b>													
Muestra o Subgrupo	Fecha	Lecturas (mils)										Promedio $\bar{X}$	Rango R
		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	Lectura 6	Lectura 7	Lectura 8	Lectura 9	Lectura 10		
1	4/07/2022	2.8	2.6	2.6	2.2	2.4	2.5	2.3	2.6	2.0	2.8	2.5	0.8
2		2.4	1.9	2.0	2.7	2.7	1.9	2.7	2.8	2.5	2.3	2.4	0.9
3		2.5	2.4	2.2	2.0	2.4	2.7	2.8	2.4	2.4	2.6	2.4	0.8
4	10/07/2022	2.4	2.5	2.5	2.3	2.8	2.0	1.9	2.3	2.4	1.9	2.3	0.9
5		2.6	2.6	2.6	2.0	2.7	2.6	1.9	2.2	2.2	1.9	2.3	0.8
6		2.5	2.0	2.5	2.4	2.2	2.1	2.8	2.5	2.1	2.8	2.4	0.8
7		2.4	1.9	2.8	2.2	2.7	2.5	2.6	2.7	2.5	2.2	2.5	0.9
8	15/07/2022	2.6	1.9	2.2	2.3	2.4	2.7	2.2	2.4	2.8	2.6	2.4	0.9
9		2.2	1.9	1.9	2.7	2.2	2.5	2.3	2.5	2.4	2.2	2.3	0.8
10		2.2	2.0	2.0	2.7	2.2	1.9	2.7	2.4	2.8	2.0	2.3	0.9
11	19/07/2022	2.4	2.3	2.1	2.4	2.0	2.2	2.4	2.7	2.7	2.4	2.4	0.7
12		2.2	2.7	2.4	2.1	2.2	1.9	2.6	2.6	1.9	2.4	2.3	0.8
13		2.3	2.3	2.5	2.1	2.5	2.2	2.4	2.5	2.6	2.3	2.4	0.5
14		2.5	2.3	2.4	2.4	2.6	2.6	2.3	2.0	2.6	2.8	2.5	0.8
15	22/07/2022	2.6	1.9	2.4	2.0	2.3	1.9	2.6	2.0	2.0	2.0	2.2	0.7
16		2.7	2.5	1.9	2.2	2.6	2.6	2.8	2.5	2.3	2.5	2.5	0.9
17		2.5	2.0	2.6	2.6	2.3	2.7	2.3	2.6	2.8	2.6	2.5	0.8
18		2.6	2.1	2.3	1.9	2.4	2.8	2.2	2.8	2.4	2.8	2.4	0.9
19		2.6	2.1	2.0	2.0	2.1	2.6	2.6	2.5	2.3	2.6	2.3	0.6
20	26/07/2022	2.8	2.3	2.7	2.4	1.9	2.4	2.7	2.8	2.8	2.5	2.5	0.9
21		1.9	2.3	2.1	2.4	2.2	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	0.6
22		1.9	2.3	1.9	2.4	2.1	2.0	2.8	2.6	2.6	2.5	2.3	0.9
23		2.6	2.1	2.5	2.3	2.5	1.9	2.1	2.1	1.9	2.2	2.2	0.7
24	30/07/2022	2.3	2.3	2.2	2.7	2.2	2.4	2.7	2.4	2.7	2.6	2.5	0.5
25		2.5	2.0	2.0	2.0	2.4	2.3	2.6	2.7	2.7	2.7	2.4	0.7

Fuente: Elaboración propia, 2022



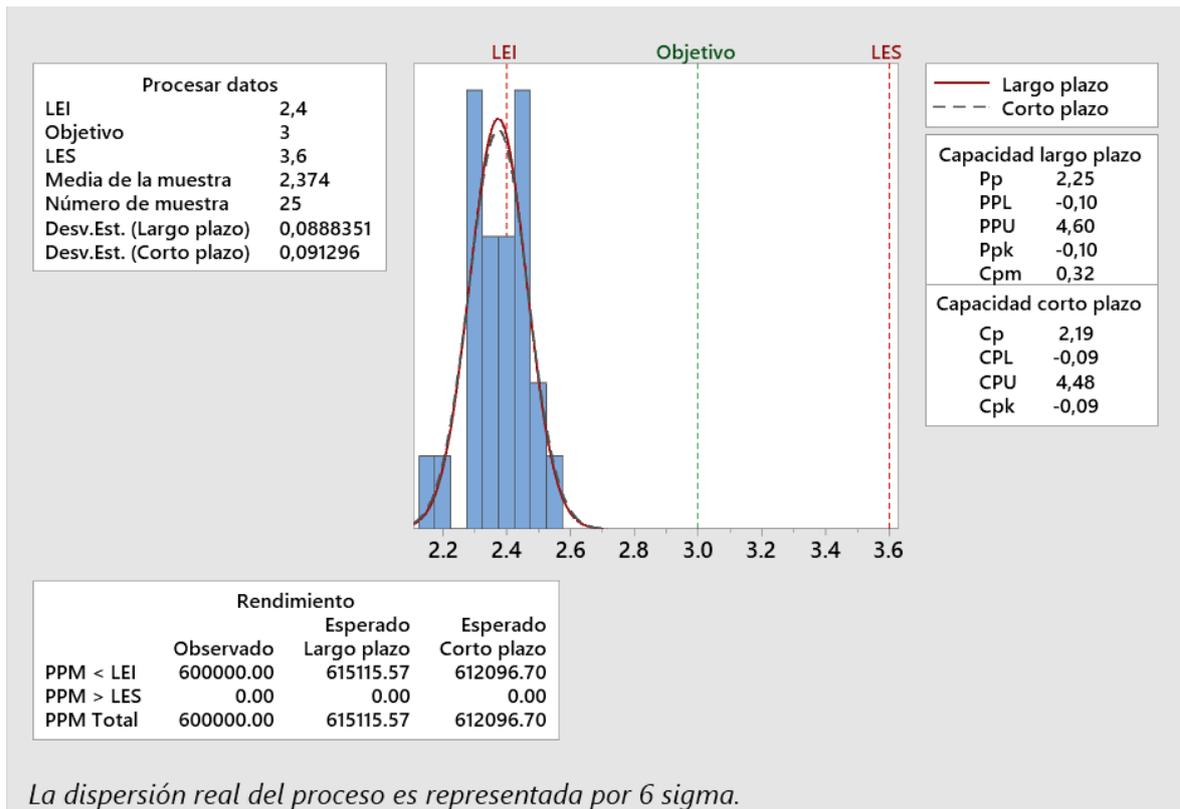
**Figura 17**

*Gráfica X-R para espesores de pintura-Mes Julio.*

**Fuente:** Software Minitab 19.

Los resultados obtenidos de la figura 17 muestran la dispersión de los datos con un límite superior de 2.61 y un límite inferior de 2,13 para la media muestral. El rango de la muestra tiene un límite superior de 1,38 y un límite inferior de 0.17. Esto significa que los resultados muestran que todas las lecturas de los espesores de pintura están dentro de los límites de control.

Por lo tanto, los resultados muestran que todas las lecturas del espesor de pintura en las tuberías del mes de Julio se encuentran dentro de los límites de control estadístico, lo que indica que el proceso es estable pero que aun así no se cumple con la especificación indicada por el cliente.



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

### Figura 18

Capacidad del proceso de pintado-Mes Julio.

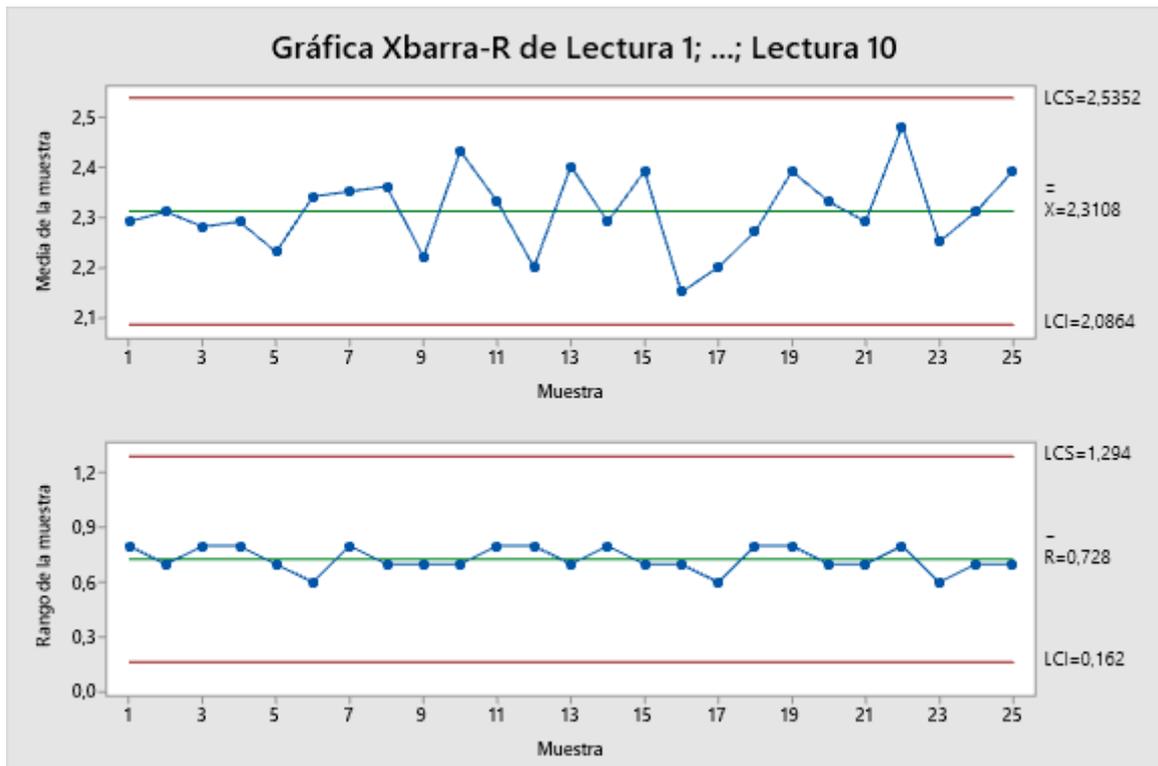
Fuente: Software Minitab 19.

Se puede observar en la figura 18 que la capacidad del proceso de pintado de las tuberías tiene como resultado un índice  $C_p = 2.19$  y un  $C_{pk} = -0.09$ , esto quiere decir que la media del proceso se encuentra fuera de las especificaciones dadas por el cliente. El índice del desempeño potencial del proceso  $P_p = 2.25$  y el desempeño real del proceso  $P_{pk} = -0.10$

**Tabla 5***Espesores de pintura-Mes Agosto.*

<b>PINTADO DE TUBERIA - MES AGOSTO</b>													
Muestra o Subgrupo	Fecha	Lecturas (mils)										Promedio	Rango
		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	Lectura 6	Lectura 7	Lectura 8	Lectura 9	Lectura 10	$\bar{X}$	R
1	3/08/2022	2.3	2.5	2.1	2.3	2.7	2.4	2.0	2.3	1.9	2.4	2.3	0.8
2		2.5	2.2	2.1	2.4	2.5	1.9	2.2	2.3	2.6	2.4	2.3	0.7
3		2.3	2.3	2.0	1.9	2.2	2.7	2.3	2.2	2.2	2.7	2.3	0.8
4	8/08/2022	2.7	2.6	2.0	2.1	2.3	2.4	1.9	2.7	2.2	2.0	2.3	0.8
5		2.0	2.3	2.3	2.1	2.2	2.4	2.0	1.9	2.6	2.5	2.2	0.7
6		2.2	2.4	2.7	2.4	2.1	2.3	2.5	2.1	2.5	2.2	2.3	0.6
7		2.7	1.9	2.6	2.3	2.4	2.3	1.9	2.3	2.5	2.6	2.4	0.8
8	13/08/2022	2.0	2.0	2.5	2.6	2.6	2.7	2.1	2.5	2.6	2.0	2.4	0.7
9		2.6	2.2	2.1	1.9	2.1	2.2	2.5	2.2	2.1	2.3	2.2	0.7
10		2.7	2.6	2.5	2.6	2.1	2.7	2.5	2.2	2.4	2.0	2.4	0.7
11	15/08/2022	2.6	1.9	2.3	2.2	1.9	2.7	2.1	2.6	2.7	2.3	2.3	0.8
12		2.7	2.1	1.9	2.1	2.3	2.1	2.5	2.1	2.2	2.0	2.2	0.8
13		2.6	2.6	2.4	2.3	2.4	2.7	2.3	2.5	2.0	2.2	2.4	0.7
14		2.1	2.3	2.1	2.0	2.7	1.9	2.6	2.0	2.7	2.5	2.3	0.8
15	21/08/2022	2.2	2.7	2.6	2.0	2.0	2.7	2.7	2.5	2.4	2.1	2.4	0.7
16		2.0	1.9	2.1	1.9	2.3	2.1	2.1	2.4	2.1	2.6	2.2	0.7
17		2.1	2.5	2.3	2.4	2.1	1.9	2.1	2.3	2.4	1.9	2.2	0.6
18		2.2	2.7	2.3	2.3	2.2	2.2	1.9	2.7	2.3	1.9	2.3	0.8
19		2.1	2.6	1.9	2.4	2.7	2.2	2.3	2.5	2.5	2.7	2.4	0.8
20	28/08/2022	2.7	2.4	2.7	2.1	2.1	2.0	2.5	2.3	2.2	2.3	2.3	0.7
21		2.4	2.5	2.6	2.2	1.9	2.3	2.0	2.6	2.1	2.3	2.3	0.7
22		2.7	2.6	2.5	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	1.9	2.4	2.5	0.8
23		1.9	2.3	2.1	2.5	2.5	2.2	2.4	2.2	2.4	2.0	2.3	0.6
24	31/08/2022	2.6	2.1	2.1	2.4	2.1	2.2	2.3	2.6	2.7	2.0	2.3	0.7
25		2.1	2.2	2.6	2.5	2.3	2.4	2.5	2.7	2.0	2.6	2.4	0.7

Fuente: Elaboración propia, 2022



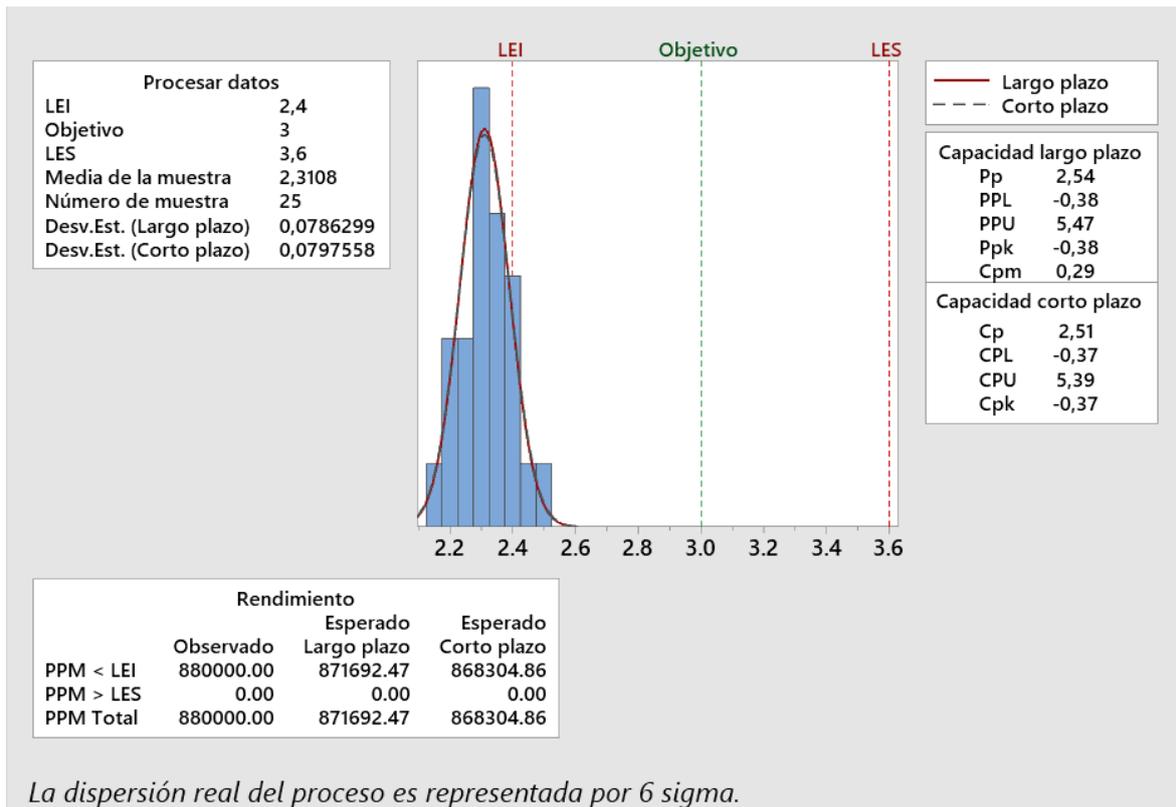
**Figura 19**

*Gráfico X-R para espesores de pintura-Mes Agosto.*

**Fuente:** Software Minitab 19.

Los resultados obtenidos de la figura 19 muestran la dispersión de los datos con un límite superior de 2.53 y un límite inferior de 2,08 para la media muestral. El rango de la muestra tiene un límite superior de 1,29 y un límite inferior de 0.16. Esto significa que los resultados muestran que todas las lecturas de los espesores de pintura están dentro de los límites de control.

Por lo tanto, los resultados muestran que todas las lecturas del espesor de pintura en las tuberías del mes de agosto se encuentran dentro de los límites de control estadístico, lo que indica que el proceso es estable pero que aun así no se cumple con la especificación indicada por el cliente.



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

### Figura 20

Capacidad del proceso de pintado-Mes Agosto.

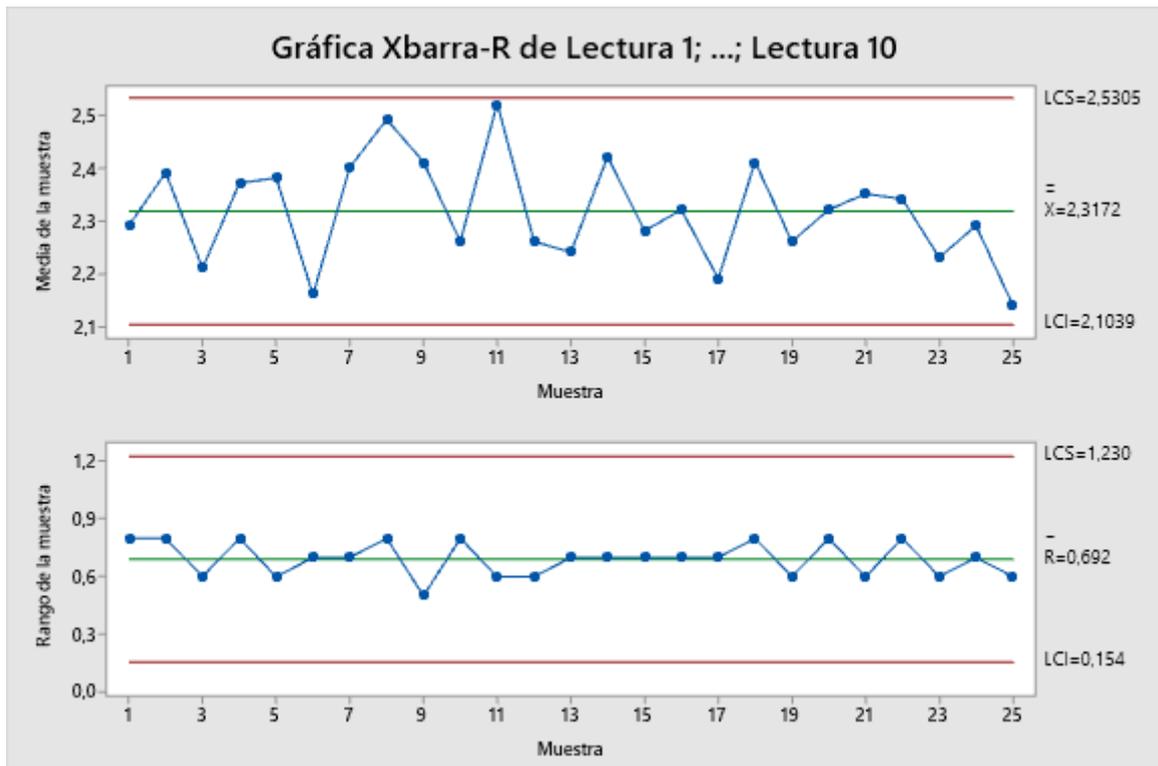
Fuente: Software Minitab 19.

Se puede observar en la figura 20 que la capacidad del proceso de pintado de las tuberías tiene como resultado un índice  $C_p = 2.51$  y un  $C_{pk} = -0.37$ , esto quiere decir que la media del proceso se encuentra fuera de las especificaciones dadas por el cliente. El índice del desempeño potencial del proceso  $P_p = 2.54$  y el desempeño real del proceso  $P_{pk} = -0.38$ .

**Tabla 6***Espesores de pintura-Mes Setiembre.*

PINTADO DE TUBERIA - MES SETIEMBRE													
Muestra o Subgrupo	Fecha	Lecturas (mils)										Promedio $\bar{X}$	Rango $R$
		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	Lectura 6	Lectura 7	Lectura 8	Lectura 9	Lectura 10		
1	3/09/2022	2.2	2.5	2.3	1.9	2.4	2.7	2.2	2.5	2.1	2.1	2.3	0.8
2		2.3	2.3	2.5	2.5	2.7	2.3	2.3	2.4	2.7	1.9	2.4	0.8
3		2.6	2.1	2.4	2.0	2.1	2.0	2.1	2.3	2.4	2.1	2.2	0.6
4	6/09/2022	2.2	2.4	2.6	2.6	2.7	2.1	2.4	1.9	2.1	2.7	2.4	0.8
5		2.5	2.1	2.1	2.3	2.4	2.6	2.4	2.7	2.6	2.1	2.4	0.6
6		1.9	2.1	2.6	2.0	2.0	2.1	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	0.7
7		2.0	2.3	2.0	2.2	2.3	2.7	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	0.7
8	12/09/2022	2.6	2.6	2.7	1.9	2.7	2.6	2.6	2.7	2.5	2.0	2.5	0.8
9		2.6	2.6	2.1	2.2	2.4	2.5	2.3	2.5	2.3	2.6	2.4	0.5
10		2.3	2.5	2.7	2.4	2.0	2.3	1.9	1.9	2.3	2.3	2.3	0.8
11	16/09/2022	2.6	2.6	2.6	2.3	2.7	2.7	2.1	2.3	2.7	2.6	2.5	0.6
12		2.5	2.1	2.1	2.1	2.3	1.9	2.5	2.5	2.5	2.1	2.3	0.6
13		2.6	2.0	2.3	1.9	2.3	2.3	2.3	2.2	2.6	1.9	2.2	0.7
14		2.6	2.0	2.7	2.3	2.6	2.5	2.5	2.2	2.4	2.4	2.4	0.7
15	20/09/2022	2.3	1.9	2.1	2.5	2.5	1.9	2.6	2.2	2.6	2.2	2.3	0.7
16		2.0	2.3	2.7	2.0	2.2	2.7	2.1	2.3	2.7	2.2	2.3	0.7
17		2.4	2.2	2.5	1.9	2.3	2.1	2.0	2.6	1.9	2.0	2.2	0.7
18		2.5	2.6	2.3	2.4	2.6	2.2	1.9	2.5	2.4	2.7	2.4	0.8
19		2.2	2.3	2.2	2.5	2.4	2.1	2.4	2.2	1.9	2.4	2.3	0.6
20	26/09/2022	1.9	2.6	2.2	2.0	2.6	2.0	2.3	2.7	2.7	2.2	2.3	0.8
21		2.2	2.1	2.4	2.0	2.5	2.4	2.6	2.4	2.6	2.3	2.4	0.6
22		2.3	2.0	2.7	2.4	1.9	2.5	2.0	2.4	2.5	2.7	2.3	0.8
23		1.9	1.9	2.5	2.2	2.2	2.4	2.5	2.5	2.3	1.9	2.2	0.6
24	30/09/2022	2.5	2.3	2.4	2.6	2.2	2.0	1.9	2.0	2.4	2.6	2.3	0.7
25		2.0	2.0	2.4	1.9	2.0	1.9	2.4	2.5	2.3	2.0	2.1	0.6

Fuente: Elaboración propia, 2022



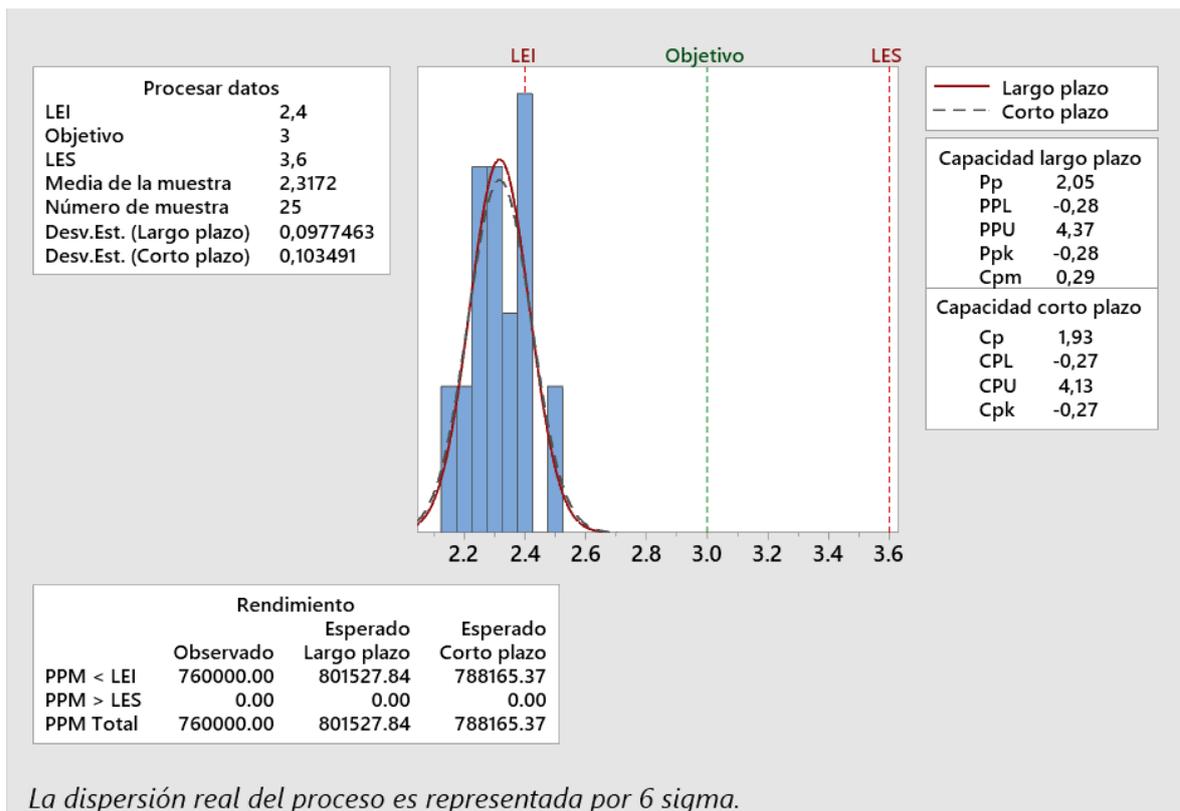
**Figura 21**

*Gráfica X-R para espesores de pintura-Mes Setiembre.*

**Fuente:** Software Minitab 19.

Los resultados obtenidos de la figura 21 muestran la dispersión de los datos con un límite superior de 2.53 y un límite inferior de 2.10 para la media muestral. El rango de la muestra tiene un límite superior de 1.23 y un límite inferior de 0.15. Esto significa que los resultados muestran que todas las lecturas de los espesores de pintura están dentro de los límites de control.

Por lo tanto, los resultados muestran que todas las lecturas del espesor de pintura en las tuberías del mes de Setiembre se encuentran dentro de los límites de control estadístico, lo que indica que el proceso es estable pero que aun así no se cumple con la especificación indicada por el cliente.



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

**Figura 22**

Capacidad del proceso de pintado-Mes Setiembre.

Fuente: Software Minitab 19.

Se puede observar en la figura 22 que la capacidad del proceso de pintado de las tuberías tiene como resultado un índice  $C_p = 1.93$  y un  $C_{pk} = -0.27$ , esto quiere decir que la media del proceso se encuentra fuera de las especificaciones dadas por el cliente. El índice del desempeño potencial del proceso  $P_p = 2.05$  y el desempeño real del proceso  $P_{pk} = -0.28$ .

Antes de realizar el post test, se manipulará la variable realizando un plan de acción en donde se detallará las actividades, el tiempo y los involucrados para mejorar el proceso de pintado de las tuberías. Las acciones a realizar tendrán un seguimiento pues los resultados obtenidos nos dirán si las acciones van por el camino adecuado o si es necesario realizar alguna corrección para cumplir con las especificaciones del espesor de pintura indicada por el cliente.

PLAN DE ACCIÓN												
N° Acción	Que (Acciones)	Quién (responsable)	Dónde (Área)	Octubre				Noviembre				Cómo
				Sem1	Sem2	Sem3	Sem4	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4	
01	Designar personal capacitado para el seguimiento y control del proceso de pintura	Jefe de proyecto, Responsable de RR. HH	Cabina de pintado									El personal destinado al control, calidad y seguimiento del proceso de aplicación de pintura debe estar siempre junto al personal de pintura. Realizar de forma continua capacitaciones de actualización de forma teórica y práctica en base a temas preparación superficial y aplicación de pintura con participación de expertos.
02	Comprar pinturas de calidad y según las especificaciones del cliente	Personal de logística, Jefe de taller, Ing de calidad	Almacén									El personal encargado de la logística debe solicitar las especificaciones técnicas de la pintura al área de proyectos para su respectiva compra. De esta forma se obtiene un producto de calidad de con proveedores confiables garantizando así una buena aplicación de pintura.
03	Rotación de personal	Jefe de proyecto, Responsable de RR. HH	RR. HH									Incentivar al personal operativo con charlas de motivación y reconocimientos personales por su buen desempeño, colaboración y responsabilidad en su puesto de trabajo.
04	Falta de mantenimiento de los equipos de pintura	Jefe de proyecto, Jefe de taller	Taller									Coordinar con el jefe de taller, y este a su vez comunicará al personal técnico para realizar el mantenimiento a los equipos de pintura, crear un cronograma de mantenimiento preventivo para no alterar la producción.
05	Condiciones climáticas	Jefe de proyecto, Ing de calidad, Jefe de taller	Taller									Coordinar con todas las áreas involucradas para la presentación del proyecto, cotización e implementación de una cabina de pintado. La cabina ayudará a obtener mejores condiciones ambientales para la aplicación de pintura, así como su rápido secado y manipulación.
06	Realizar un procedimiento de pintura para cada proyecto	Ing de calidad	Calidad									Con las especificaciones de pintado del cliente, se tiene que realizar un procedimiento de pintado para el proyecto. Este documento regirá de guía para todo el proceso del pintado de las estructuras metálicas.

**Figura 23**

*Plan de acción.*

**Fuente:** Elaboración propia, 2022

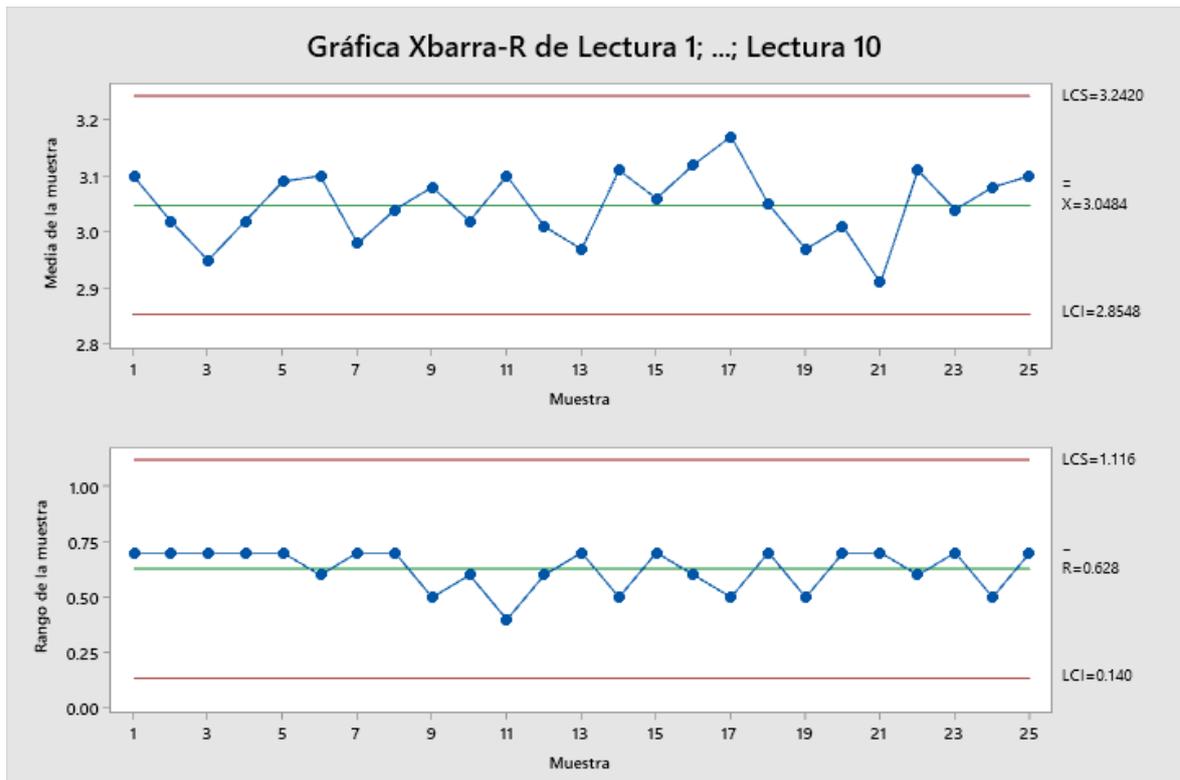
A continuación, se presentan los resultados del post test luego de haber aplicado el plan de acción con la finalidad de mejorar el proceso de pintado de las tuberías para el proyecto en estudio.

**Tabla 7**

*Espesores de pintura-Mes Octubre*

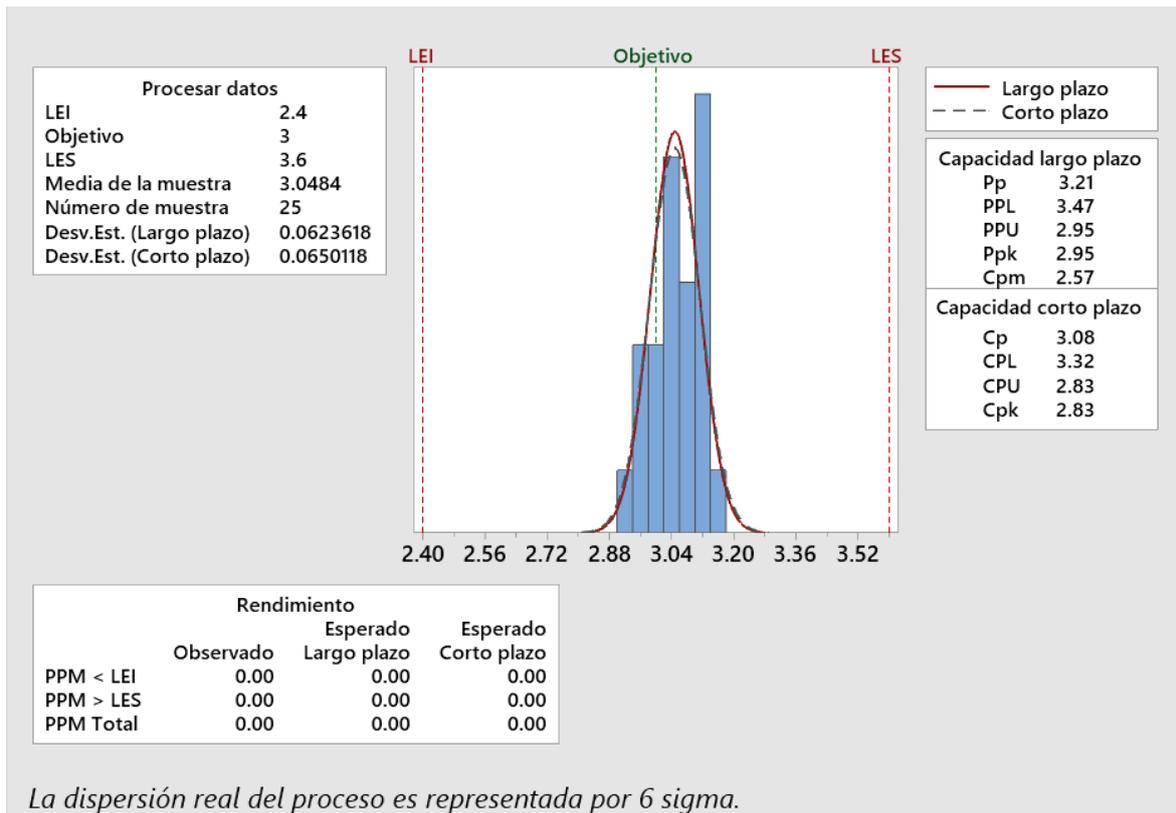
PINTADO DE TUBERIA - MES OCTUBRE													
Muestra o Subgrupo	Fecha	Lecturas (mils)										Promedio $\bar{X}$	Rango R
		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	Lectura 6	Lectura 7	Lectura 8	Lectura 9	Lectura 10		
1	2/10/2022	3.4	3.4	2.9	2.7	3.4	3.1	2.9	3.2	3.1	2.9	3.1	0.7
2		3.3	3.0	2.7	2.7	2.7	3.2	3.4	3.4	2.8	3.0	3.0	0.7
3		3.4	2.7	3.0	2.9	2.8	3.0	2.8	3.0	3.0	2.9	3.0	0.7
4		3.3	2.7	2.8	3.4	2.8	3.2	2.7	2.9	3.2	3.2	3.0	0.7
5	9/10/2022	3.3	2.8	2.9	3.1	3.1	3.4	2.7	3.4	2.8	3.4	3.1	0.7
6		3.4	2.9	3.1	3.2	3.0	3.2	2.8	3.3	3.0	3.1	3.1	0.6
7		3.4	2.9	3.1	2.9	3.0	3.0	2.7	2.9	3.2	2.7	3.0	0.7
8	13/10/2022	2.8	2.9	2.8	3.4	3.1	3.3	3.1	3.0	2.7	3.3	3.0	0.7
9		3.1	3.0	3.1	3.3	3.0	3.3	2.9	3.0	2.8	3.3	3.1	0.5
10		2.8	3.0	3.4	2.9	2.9	3.0	3.2	3.4	2.8	2.8	3.0	0.6
11	17/10/2022	3.3	2.9	3.2	3.1	2.9	3.2	2.9	3.3	3.3	2.9	3.1	0.4
12		2.8	3.1	3.3	2.7	3.3	2.8	3.1	3.0	3.1	2.9	3.0	0.6
13		3.4	3.3	2.8	3.1	2.7	3.0	2.8	2.9	2.8	2.9	3.0	0.7
14		3.0	3.3	3.2	3.1	3.1	2.9	3.1	3.1	2.9	3.4	3.1	0.5
15		3.0	3.4	3.2	2.7	2.7	3.2	3.1	3.1	3.4	2.8	3.1	0.7
16	22/10/2022	3.4	2.8	3.3	3.0	3.0	3.0	3.2	3.3	3.4	2.8	3.1	0.6
17		3.2	3.2	3.0	3.2	3.3	2.9	3.1	3.2	3.4	3.2	3.2	0.5
18		3.4	3.1	2.8	3.1	3.3	2.7	2.7	2.9	3.3	3.2	3.1	0.7
19		3.1	3.1	3.2	2.7	2.7	3.0	3.0	3.1	2.7	3.1	3.0	0.5
20	25/10/2022	2.7	3.1	3.3	2.7	2.8	3.1	3.3	3.4	2.7	3.0	3.0	0.7
21		2.9	2.7	2.9	3.0	2.7	3.4	2.8	3.0	2.8	2.9	2.9	0.7
22		2.8	3.4	3.1	3.2	3.2	3.3	2.9	3.4	3.0	2.8	3.1	0.6
23	30/10/2022	2.7	3.1	2.9	3.0	3.3	2.8	2.9	3.4	2.9	3.4	3.0	0.7
24		3.3	2.9	3.1	3.1	2.8	3.3	2.9	3.2	3.0	3.2	3.1	0.5
25		2.7	3.1	3.4	2.9	3.0	3.3	3.4	3.4	2.8	3.0	3.1	0.7

Fuente: Elaboración propia, 2022



**Figura 24**  
*Gráfica X-R para espesores de pintura-Mes Octubre.*  
**Fuente:** Software Minitab 19.

Los resultados obtenidos de la figura 24 muestran la dispersión de los datos con un límite superior de 3.24 y un límite inferior de 2.85 para la media muestral. El rango de la muestra tiene un límite superior de 1.12 y un límite inferior de 0.14. Esto significa que los resultados muestran que todas las lecturas de los espesores de pintura están dentro de los límites de control.



**Figura 25**

Capacidad del proceso de pintado-Mes Octubre.

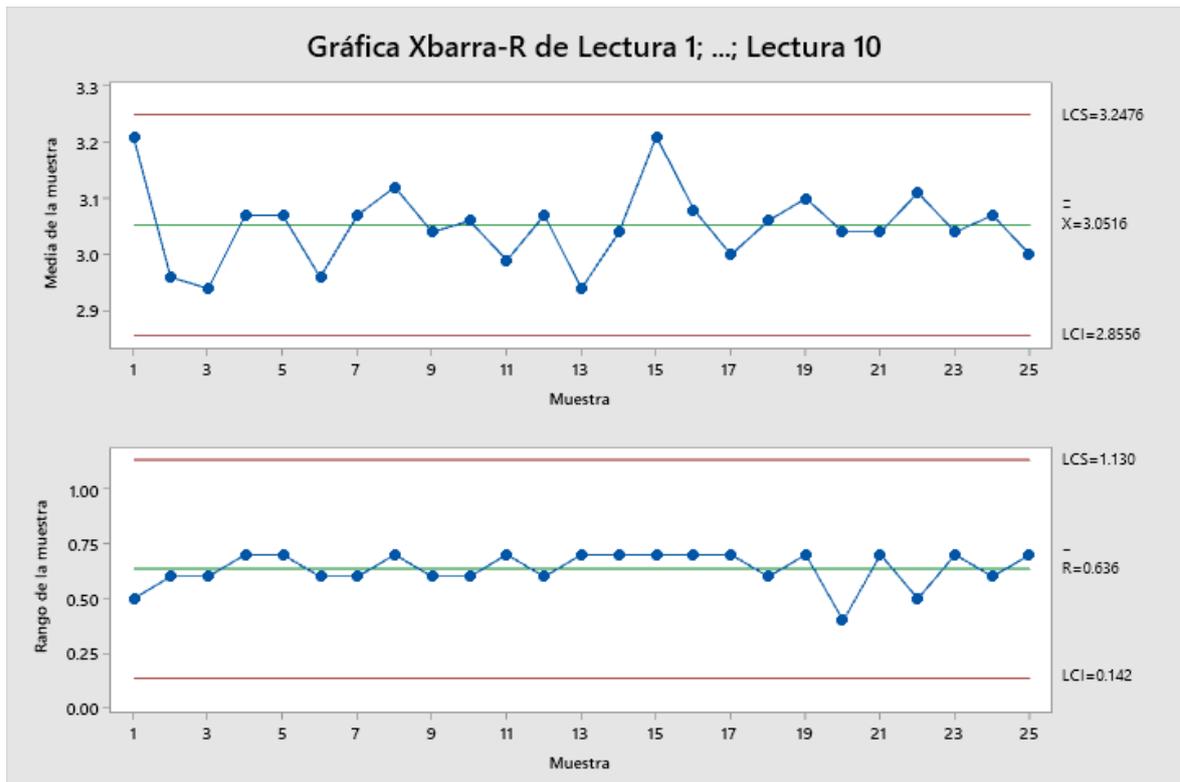
Fuente: Software Minitab 19.

Se puede observar en la figura 25 que la capacidad del proceso de pintado de las tuberías tiene como resultado un índice  $C_p = 3.08$  y un  $C_{pk} = 2.83$ , esto quiere decir que la media del proceso se encuentra dentro de las especificaciones dadas por el cliente. Esto quiere decir que el proceso de pintado ha mejorado teniendo como resultado una media de 3.05 mils teniendo una pequeña variación con el objetivo del espesor que es de 3.0 mils. El proceso de pintado tiene la capacidad de cumplir con la especificación indicada por el cliente.

**Tabla 8***Espesores de pintura-Mes Noviembre.*

PINTADO DE TUBERIA - MES NOVIEMBRE													
Muestra o Subgrupo	Fecha	Lecturas (mils)										Promedio	Rango
		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	Lectura 6	Lectura 7	Lectura 8	Lectura 9	Lectura 10	$\bar{X}$	R
1	6/11/2022	3.1	2.9	3.3	3.3	3.0	3.4	3.2	3.4	3.2	3.3	3.2	0.5
2		2.7	3.1	3.2	2.7	2.9	3.2	3.3	2.7	3.1	2.7	3.0	0.6
3	10/11/2022	2.8	3.3	2.8	3.2	2.7	2.7	2.7	3.1	3.3	2.8	2.9	0.6
4		2.8	2.8	3.4	2.8	2.7	3.0	3.4	3.2	3.2	3.4	3.1	0.7
5		3.0	3.2	3.3	2.8	3.2	2.7	3.3	3.4	3.0	2.8	3.1	0.7
6		3.2	2.9	3.1	2.7	3.3	3.0	2.8	3.0	2.8	2.8	3.0	0.6
7	14/11/2022	3.0	3.3	3.3	2.9	3.4	3.0	2.8	2.8	3.2	3.0	3.1	0.6
8		3.4	3.2	3.2	3.4	3.0	2.7	3.0	3.4	3.0	2.9	3.1	0.7
9		3.1	2.8	2.8	3.3	3.2	3.1	2.9	3.2	3.3	2.7	3.0	0.6
10		2.9	3.2	2.9	3.0	3.3	3.2	3.3	3.0	3.1	2.7	3.1	0.6
11		3.3	3.4	3.3	3.1	3.0	2.7	2.7	2.8	2.9	2.7	3.0	0.7
12		3.4	2.8	3.0	3.3	3.3	3.0	2.8	3.1	3.1	2.9	3.1	0.6
13	19/11/2022	2.7	2.9	3.3	2.7	2.8	3.4	2.8	2.8	3.3	2.7	2.9	0.7
14		3.4	3.1	3.1	2.7	3.3	2.7	2.8	2.9	3.0	3.4	3.0	0.7
15		3.4	3.4	3.4	3.2	2.7	3.3	3.1	3.3	3.3	3.0	3.2	0.7
16		3.1	3.4	3.1	2.7	3.0	2.7	3.1	3.3	3.1	3.3	3.1	0.7
17	21/11/2022	3.4	3.2	2.9	2.7	3.0	2.8	3.2	2.7	3.2	2.9	3.0	0.7
18		2.9	2.9	2.8	2.9	3.0	3.3	3.4	3.0	3.1	3.3	3.1	0.6
19		3.3	2.8	3.1	2.7	3.0	3.2	3.4	2.9	3.4	3.2	3.1	0.7
20		3.2	3.2	3.1	3.2	3.2	2.9	2.8	3.2	2.8	2.8	3.0	0.4
21	24/11/2022	2.8	3.4	3.3	3.3	3.1	2.9	3.2	2.8	2.7	2.9	3.0	0.7
22		3.4	2.9	3.4	3.2	3.1	3.3	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	0.5
23		3.4	2.8	2.7	2.8	3.2	2.7	3.2	3.0	3.4	3.2	3.0	0.7
24	28/11/2022	2.9	3.1	3.0	3.1	3.1	2.8	2.8	3.4	3.3	3.2	3.1	0.6
25		3.0	2.8	3.0	2.7	3.0	2.9	2.8	3.4	3.1	3.3	3.0	0.7

Fuente: Elaboración propia, 2022

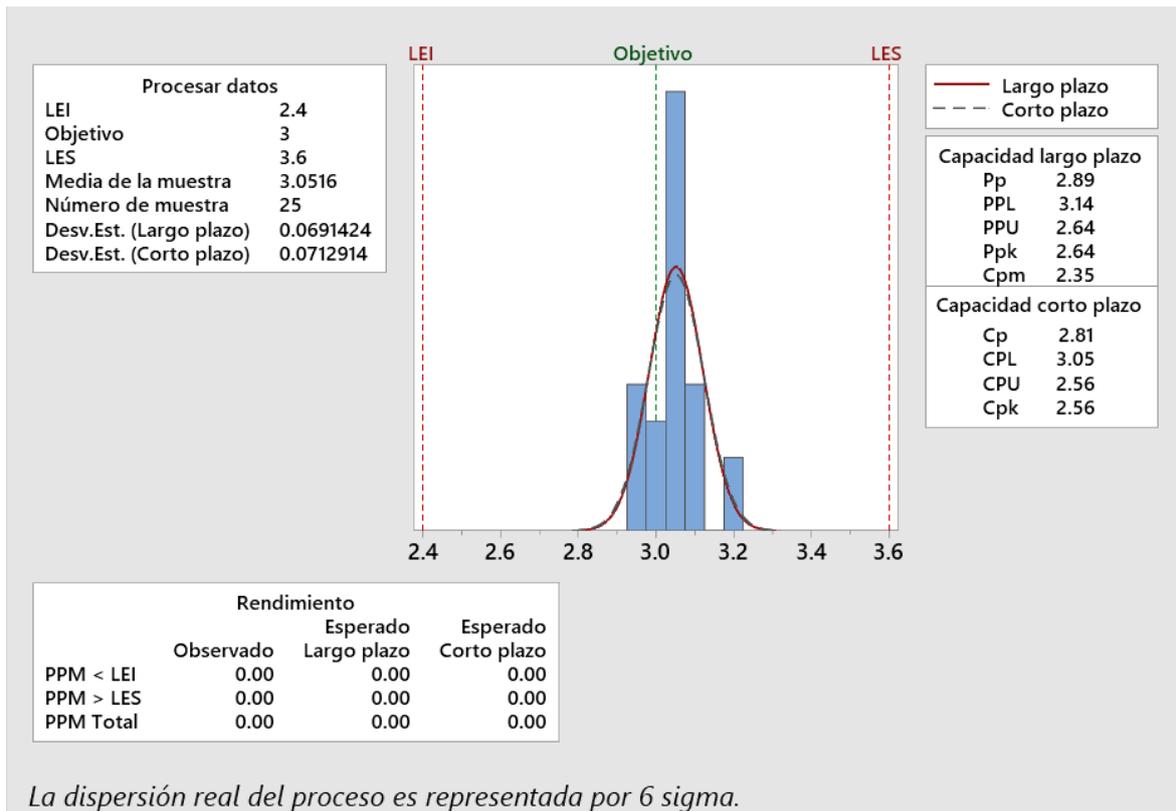


**Figura 26**

*Gráfica X-R para espesores de pintura-Mes Noviembre.*

Fuente: Software Minitab 19.

Los resultados obtenidos de la figura 26 muestran la dispersión de los datos con un límite superior de 3.25 y un límite inferior de 2.85 para la media muestral. El rango de la muestra tiene un límite superior de 1.13 y un límite inferior de 0.14. Esto significa que los resultados muestran que todas las lecturas de los espesores de pintura están dentro de los límites de control.



**Figura 27**

Capacidad del proceso de pintado-Mes Noviembre.

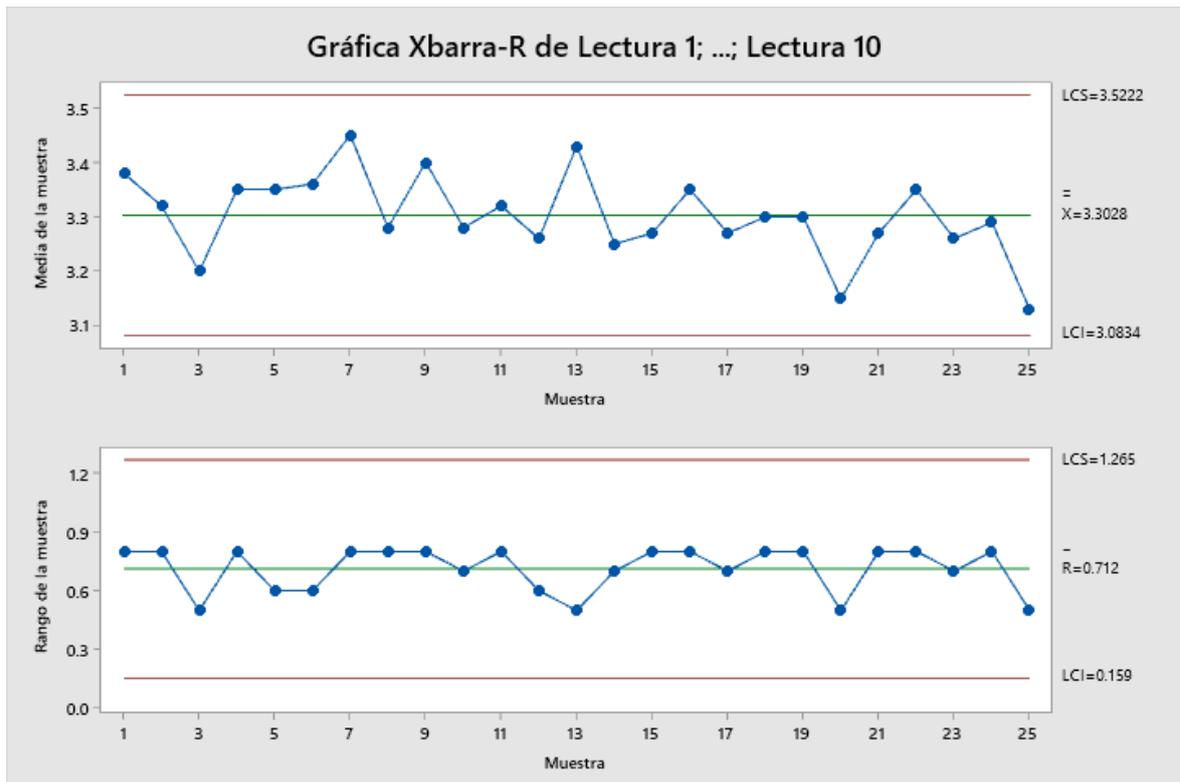
Fuente: Software Minitab 19.

Se puede observar en la figura 27 que la capacidad del proceso de pintado de las tuberías tiene como resultado un índice  $C_p = 2.81$  y un  $C_{pk} = 2.56$ , esto quiere decir que la media del proceso se encuentra fuera de las especificaciones dadas por el cliente. Esto quiere decir que el proceso de pintado ha mejorado teniendo como resultado una media de 3.05 mils teniendo una pequeña variación con el objetivo del espesor que es de 3.0 mils. El proceso de pintado tiene la capacidad de cumplir con la especificación indicada por el cliente.

**Tabla 9***Espesores de pintura-Mes Diciembre*

<b>PINTADO DE TUBERIA - MES DICIEMBRE</b>													
Muestra o Subgrupo	Fecha	Lecturas (mils)										Promedio $\bar{X}$	Rango R
		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	Lectura 6	Lectura 7	Lectura 8	Lectura 9	Lectura 10		
1	4/12/2022	3.4	3.6	2.9	3.2	3.4	3.4	2.9	3.7	3.7	3.6	3.4	0.8
2		3.7	3.6	3.1	3.6	3.4	3.2	3.1	2.9	2.9	3.7	3.3	0.8
3		3.3	3.0	3.2	3.4	3.2	3.4	3.4	3.0	2.9	3.2	3.2	0.5
4	10/12/2022	3.7	3.2	3.0	3.7	2.9	3.3	3.5	3.7	3.3	3.2	3.4	0.8
5		3.2	3.2	3.4	3.3	3.7	3.2	3.1	3.2	3.5	3.7	3.4	0.6
6		3.1	3.2	3.1	3.7	3.1	3.5	3.4	3.2	3.7	3.6	3.4	0.6
7		3.7	3.6	3.5	3.4	3.5	3.2	3.4	2.9	3.6	3.7	3.5	0.8
8	15/12/2022	3.7	3.1	3.4	3.4	3.6	2.9	3.4	3.0	3.3	3.0	3.3	0.8
9		3.1	2.9	3.7	3.4	3.5	3.7	3.0	3.7	3.3	3.7	3.4	0.8
10		3.2	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	3.6	3.1	3.7	3.2	3.3	0.7
11	19/12/2022	2.9	3.3	3.4	2.9	3.5	3.7	3.4	3.1	3.3	3.7	3.3	0.8
12		3.4	3.3	3.0	3.5	3.0	3.5	3.3	3.5	2.9	3.2	3.3	0.6
13		3.5	3.5	3.3	3.2	3.4	3.7	3.5	3.2	3.3	3.7	3.4	0.5
14		3.5	3.2	3.2	3.2	3.4	2.9	3.2	3.4	2.9	3.6	3.3	0.7
15	22/12/2022	2.9	3.3	3.0	3.4	3.2	3.4	3.5	3.7	3.4	2.9	3.3	0.8
16		2.9	3.5	3.7	3.4	3.7	3.7	3.5	3.0	2.9	3.2	3.4	0.8
17		3.4	3.1	3.0	3.3	3.5	3.1	3.7	3.0	3.3	3.3	3.3	0.7
18		3.5	3.2	3.4	3.2	3.7	3.7	2.9	2.9	3.3	3.2	3.3	0.8
19		2.9	3.7	3.5	3.7	3.5	2.9	3.0	3.6	3.3	2.9	3.3	0.8
20	26/12/2022	3.1	2.9	3.1	3.3	3.4	3.3	3.1	2.9	3.4	3.0	3.2	0.5
21		3.3	3.7	3.6	3.6	3.1	3.0	3.0	3.2	2.9	3.3	3.3	0.8
22		3.6	3.4	2.9	3.1	3.7	3.1	3.5	3.5	3.2	3.5	3.4	0.8
23		3.5	3.0	3.4	2.9	3.0	3.4	3.1	3.5	3.6	3.2	3.3	0.7
24	30/12/2022	3.3	2.9	2.9	3.6	3.0	3.7	3.1	3.5	3.2	3.7	3.3	0.8
25		3.1	3.4	2.9	2.9	2.9	3.2	3.2	3.2	3.3	3.2	3.1	0.5

Fuente: Elaboración propia, 2022.

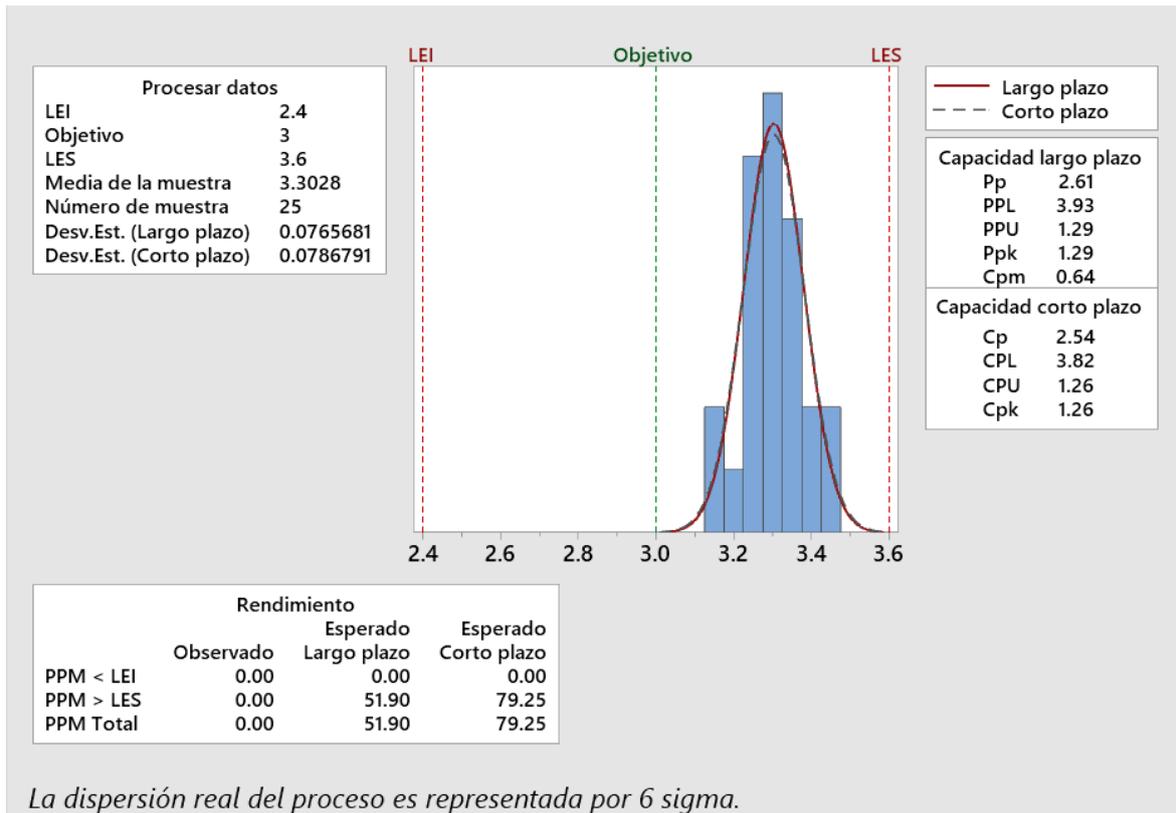


**Figura 28**

*Gráfica X-R para espesores de pintura-Mes Diciembre.*

Fuente: Software Minitab 19.

Los resultados obtenidos de la Figura 28 muestran la dispersión de los datos con un límite superior de 3.52 y un límite inferior de 3.08 para la media muestral. El rango de la muestra tiene un límite superior de 1.26 y un límite inferior de 0.15. Esto significa que los resultados muestran que todas las lecturas de los espesores de pintura están dentro de los límites de control.



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

**Figura 29**

Capacidad del proceso de pintado-Mes Diciembre.

Fuente: Software Minitab 19.

Se puede observar en la figura 29 que la capacidad del proceso de pintado de las tuberías tiene como resultado un índice  $C_p = 2.54$  y un  $C_{pk} = 1.26$ , esto quiere decir que la media del proceso se encuentra dentro de las especificaciones dadas por el cliente. Esto quiere decir que el proceso de pintado ha mejorado teniendo como resultado una media de 3.3 mils, esto quiere decir que el proceso capaz de cumplir con el espesor de pintura requerido por el cliente.

#### 4.4. Contrastación de hipótesis

Este estudio asume la siguiente hipótesis: Mediante la aplicación de controles estadísticos se pueden reducir los productos defectuosos en el área de pintura en la empresa J&G Ingeniería SAC, el cual se ve reflejado en la optimización de la pintura al no realizar un doble pintado y generando costos adicionales. La obtención de resultados a través del control estadístico y por medio del plan de acción se puede llegar al espesor de pintura requerida por el cliente. Para la comprobación

de la teoría es necesario una nueva medición a través de una muestra independiente realizada en los meses de agosto, setiembre y octubre del presente año. Los promedios de espesores del pre y post test se muestran a continuación:

#### 4.5. Análisis inferencial

Se utilizó análisis de inferencia para comparar si las hipótesis de investigación eran aceptadas o rechazadas, mediante pruebas de normalidad, se utilizó Shapiro Wilk si la muestra era menor de 30 datos, en caso contrario se usará Kolmogorov-Smirnov. Después de estimar los datos, si estos muestran un comportamiento paramétrico se utiliza el estadístico T Student, caso contrario se utilizará el estadístico Wilcoxon.

**Tabla 10**

*Tipos de estadígrafos.*

Tipo de muestra	Descripción	Estadígrafo
Muestra grande	$n > 30$	KOLMOGOROV SMIRNOV
Muestra pequeña	$n < 30$	SHAPIRO WILK

Fuente: Elaboración propia, 2022.

#### Análisis inferencial de la hipótesis general

Para crear contrastes hipotéticos comunes, necesitamos saber si los datos utilizados en la prueba previa y posterior son datos con comportamiento paramétrico o no paramétrico. Las pruebas de normalidad se realizaron con Shapiro Wilk, ya que las muestras utilizadas tenían menos de 30 datos.

El estudio de los datos y los resultados obtenidos que se presentan a continuación están validados por el programa SPSS V.26.

**Tabla 11***Normalidad de productos defectuosos-Pre Test y Post Test.*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
defectuosos_pre	,175	3	.	1,000	3	1,000
defectuosos_post	,253	3	.	,964	3	,637

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS 26.

En la tabla 12 se observa la normalidad realizada a la variable dependiente productos defectuosos dando como resultado niveles superiores a 0.05, esto significa que los datos siguen una distribución normal. Conociendo la normalidad de los productos defectuosos se utilizó la prueba T Student sobre los datos paramétricos.

**Contraste de la hipótesis general**

**H0:** El control estadístico de procesos no reduce los productos defectuosos en el área de pintura de la empresa J&G Ingeniería SAC, Nuevo Chimbote 2022.

**Ha:** El control estadístico de procesos reduce los productos defectuosos en el área de pintura de la empresa J&G Ingeniería SAC, Nuevo Chimbote 2022.

**Criterio de decisión:**

Si  $p \geq 0.05$ , aceptamos la  $H_0$  y rechazamos la  $H_a$ .

Si  $p < 0.05$ , rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_a$ .

**Tabla 12***Prueba de hipótesis para de productos defectuosos- Pre Test y Post test.*

		Prueba de muestras emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
Inferior	Superior								
Par 1	Pre_test - Post_test	-,39600	,10599	,02120	-,43975	-,35225	-18,681	24	,000

Fuente: Software SPSS 26.

Los resultados de la tabla 12 nos da como resultado un valor de significancia de 0.000 siendo este menor que 0.005 por lo que se acepta la hipótesis alternativa en la que menciona que el control estadístico de procesos reduce los productos defectuosos en el área de pintura en la empresa J&G Ingeniería SAC., Nuevo Chimbote 2022 permitiendo que este sea capaz de satisfacer la calidad del proceso de pintado. Para confirmar que el análisis anterior es correcto, continuamos el análisis con el valor o significado de los resultados, esto se obtienen aplicando la prueba de Wilcoxon a los efectos pre y post test.

**Tabla 13**

*Pre Test y Post Test de espesores de pintura.*

Espesores promedio																									
Tubería	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Pre Test	2,6	2,7	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,8	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,7	2,6	2,8	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,8
Post Test	3,1	3,0	3,0	3,0	3,1	3,0	3,0	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,0	3,0	3,0

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Como se puede apreciar en la tabla 13, las lecturas del espesor de pintura en el pre test son en promedio de 2.6 mils y luego de aplicar el plan de acción el promedio en el post test nos da como resultado 3.0 mils. Esto quiere decir que al ejecutar acciones apropiadas se pudo mejorar el espesor de la pintura para la aceptación del producto por parte del cliente.

**Tabla 14**

*Costo (en soles) del pintado - Pre Test.*

COSTO DEL PINTADO DE TUBERIAS (PRE TEST)				
Mes	Nombre de la pintura	Cantidad planificada (gl)	Cantidad utilizada (gl)	Costo total (\$)
Julio	Zinc Clad IV	6.25	9	855.00
Agosto	Zinc Clad IV	6.25	7	665.00
Setiembre	Zinc Clad IV	6.25	10	950.00
<b>TOTAL (\$):</b>				<b>2470.00</b>

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se observa en la tabla 14 que el costo total de pintado de tuberías para los meses de julio a setiembre (pre test) fue de S/ 2470.00 habiendo utilizado 9, 7 y 10 galones de pintura respectivamente. El exceso de pintura empleado, así como su costo supera lo planificado por el área de producción, el cual se había estimado un costo total de S/ 1781.25 con un consumo de pintura Zinc Clad IV de 18.75 galones. La pérdida monetaria es de S/ 688.75.

**Tabla 15**

*Costo (en soles) del pintado - Post Test.*

<b>COSTO DEL PINTADO DE TUBERIAS (POS TEST)</b>				
<b>Mes</b>	<b>Nombre de la pintura</b>	<b>Cantidad planificada (gl)</b>	<b>Cantidad utilizada (gl)</b>	<b>Costo total (S/)</b>
Octubre	Zinc Clad IV	6.25	7.5	712.50
Noviembre	Zinc Clad IV	6.25	7	665.00
Diciembre	Zinc Clad IV	6.25	6	570.00
<b>TOTAL (S/):</b>				<b>1947.50</b>

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se observa en la tabla 15 que el costo total de pintado de tuberías para los meses de octubre a diciembre (post test) fue de S/ 1947.50 habiendo utilizado 7.5, 7 y 6 galones de pintura respectivamente. El exceso de pintura empleado, así como su costo supera lo planificado por el área de producción el cual había estimado un costo total de S/ 1781.25 con un consumo de pintura Zinc Clad IV de 18.75 galones. Aun así habiendo superado el consumo de pintura planificado, el sobre costo del pintado ha disminuido significativamente siendo solo de S/ 166.25.

Se obtiene una disminución en costos del 21% entre el pre test y post test, y si esto se traslada a número de productos defectuosos se pasó de 30 unidades a 9 unidades en el mismo intervalo de tiempo de 3 meses.

## V. DISCUSIÓN

Este capítulo tiene como objetivo el control estadístico y la estandarización del proceso de pintado a partir de la recolección de datos de 75 observaciones realizadas durante el proyecto de Fabricación de 180m de tubería de Øint 600mm desde julio del 2022 hasta diciembre del 2022. Así mismo desarrollar un análisis de los resultados obtenidos a través de los softwares estadísticos para comparar teóricamente los resultados por diferentes autores. Para este propósito se puede definir un control de proceso estandarizado para el pintado de tuberías, mejorar los métodos de trabajo para y evaluar sus indicadores.

El proceso actual de pintado ha presentado en los meses del pre test una cantidad de productos defectuosos de 30 tuberías, esto bajo el criterio de un bajo espesor de pintura y rechazados por el cliente. Al realizar el control estadístico de procesos se pudo conocer las deficiencias del proceso y nos ayudó a realizar acciones de mejora para un pintado eficiente obteniendo como resultado una disminución del 70% de productos defectuosos, eso concuerda con Valderrama, 2017 en donde indica que la introducción de gráficas de control redujo los rechazos de productos defectuosos en un 25% mejorando la economía de la empresa en S/. 188.28 por mes.

Por otra parte, el costo promedio del pintado en el pre test es de S/ 823.33 soles, de los cuales corresponden a un consumo de 26 galones de pintura y eso sin contar la mano de obra directa. Las cifras presentadas muestran el problema del control de procesos debido a los altos costos operativos relacionados directamente con los costos laborales. De esto, se puede inferir que la falta de gestión del tiempo en el proceso, el cual conduce a un aumento de las horas de trabajo, lo que se refleja en los costos laborales.

Para obtener un procedimiento estandarizado en el pintado de estructuras, se recomienda desarrollar controles de procesos estadísticos para obtener parámetros de tiempo de entregas a tiempo. De acuerdo con el estudio León, 2017 la implementación de controles dentro del proceso garantiza que se encuentren dentro de los parámetros establecidos determinados por las medidas de control. Mencionado al inicio del estudio para evitar el rechazo del producto.

El poder Identificar las causas relevantes que hacen que el proceso de pintado de estructuras metálicas tarde demasiado en donde es clave identificar las acciones correctivas que deben tomarse para minimizar los efectos de las causas. Dentro de las causas identificadas son la falta de documentación del proceso y capacitación inadecuada del personal que realiza el pintado de las estructuras y en donde el uso de herramientas de calidad nos ayuda a identificar rápidamente los problemas en el pintado de las estructuras metálicas Esta discusión para encontrar la causa del problema para generar la propuesta se basa en el enunciado de León, 2017 en donde el uso de herramientas de control de procesos estadísticos, que permitieron identificar rápidamente la causa que afecta las especificaciones técnicas de las prendas.

El gráfico de control X-R del mes de octubre dio un límite superior de 2.5 mils y un límite inferior de 2.1 mils. Una causa probable del no cumplimiento de la especificación según el cliente puede que sea la falta de un control y la intervención a tiempo para corregir las deficiencias y que el proceso pueda ser controlado estadísticamente. Esto va en línea con lo dicho por Ochoa en 2020, La herramienta más apropiada para realizar un control estadístico es usar las gráficas de control (gráficas para variables discretas y continuas), ya que estas permiten realizar el seguimiento a las variables de los procesos con características de calidad del tipo continuo, (volumen, peso, longitud, voltaje, temperatura, resistencia, humedad, etc.) y gráficos de control para los atributos aplicados a las características de calidad de aprobado o reprobado. El historial del dominio del tiempo del proceso le permite hacer correcciones y usar gráficos de control para identificar las causas de los cambios en el proceso y tomar medidas correctivas rápidas. Puede ver que el gráfico de control siempre muestra la salud del proceso.

El plan de acción después del pre test redujeron significativamente el número de productos defectuosos en un 70% y también redujeron los costes de servicio. Del mismo modo, la reducción del tiempo de entrega significa que la calidad del servicio mejoró generando gran satisfacción al cliente.

Con la documentación y ejecución del plan de acción se logró reducir en un 70% los productos defectuosos de las tuberías pintadas, con una reducción concomitante en los costos de servicio, lo que resulta en una reducción del 21% en

los costos del servicio. De igual manera, la reducción del tiempo de entrega de las tuberías significa un 30% generando la satisfacción del cliente, compromiso y responsabilidad para crear un prestigio y futuros adjudicaciones de trabajos.

Se sugirió la hipótesis nula  $H_0$  en donde el control estadístico de procesos no reduce los productos defectuosos en el área de pintura de la empresa J&G Ingeniería SAC, en donde según los resultados se rechaza ya que luego de ejecutar el plan de acción para los productos defectuosos, estos se redujeron de manera significativa.

Finalmente, las mejoras realizadas al proceso de pintado de tuberías por medio del del control estadístico ayudaron a estandarizar el proceso como se demostró en la reducción del número de productos defectuosos en donde las estadísticas confirman la reducción de productos defectuosos gracias a la ejecución del plan de acción elaborada con la finalidad de mejorar y optimizar el proceso de pintado.

## VI. CONCLUSIONES

1. En la gestión actual del proceso de pintura el número promedio de productos defectuosos es de 10 tubos por mes antes de la ejecución del control estadístico y el costo promedio por el consumo mensual de pintura es de S/. 823.33, un costo por encima del presupuesto dado en el proyecto de fabricación de 180m de tubería de agua para la empresa Cartavio S.A. Además, la calidad del producto se ve afectado por la falta de personal calificado, procedimientos inadecuados en la aplicación de pintura, llevando así a que los productos sean rechazados y la no aceptación del cliente.
2. Se llevó a cabo el control estadístico de procesos en la empresa J&G Ingeniería SAC, identificando que el proceso está dentro de los límites de control pero que aun así no cumplía con la especificación dada por el cliente. El promedio de límite superior e inferior nos da como resultado 2.56 mils y 2.11 mils respectivamente muy por debajo de lo especificado por el cliente que es 3 mils. Luego de ejecutar el plan de acción se logra obtener gráficas X-R y un límite superior e inferior como promedio de 3.24 mils y 2.85 mils.
3. El control estadístico de procesos ha influenciado en la reducción de los productos defectuosos, su uso es importante para la detección de causas que no permitan monitorear y controlar el proceso para cumplir con los estándares requeridos por los clientes. La influencia también se ve reflejado en la reducción de los costes de pintado pasando de S/ 2470.00 a S/ 1947.50.

## **VII. RECOMENDACIONES**

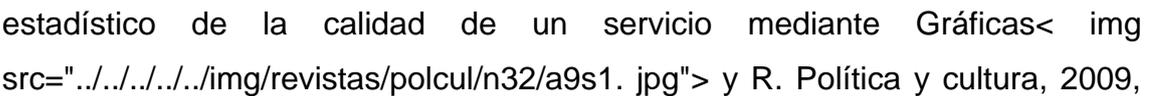
- Realizar evaluaciones de diagnóstico comunes de su proceso de pintado para ayudar a identificar los puntos críticos y los cambios en el proceso de manera oportuna.
- Realizar capacitaciones continuas para asegurar que los trabajadores cuenten con la información correcta sobre las actividades a seguir en el proceso.
- Elaborar nuevos formatos que facilitan el acceso y la comprensión de la información derivada de los controles de calidad estadísticos.
- Graficar las métricas de rendimiento de calidad, eficacia, eficiencia y la productividad para gestionar su comportamiento.

## REFERENCIAS

- BARRIONUEVO MONTENEGRO, Andrea Poleth. Diseño de un control estadístico de procesos para la línea de producción de camisetas de algodón confeccionadas en la empresa Megasport. 2016. Tesis de Licenciatura.
- BARRIO, José Francisco Vilar. Cómo mejorar los procesos en su empresa: el control estadístico de procesos, SPC, herramienta fundamental en el incremento de la competitividad. FC Editorial, 1999.
- 3BARRIO, José Vilar. Control estadístico de los procesos (SPC). FC Editorial, 2005.
- BESTERFIELD, Dale H.; GONZÁLEZ, Virgilio. Control de calidad. México: pearson educacion, 2009.
- BERNAL, C. A. Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales.(3 Edic.). Colombia: Prentice Hall, 2010, p. 160-161.
- BJÖRKMAN, Jacob; WISÉN, Sebastián. Investigation of defective products and how to reduce them: A case study at a Scandinavian plastic manufacturer. 2020.
- BRIONES SALAZAR, Gabriel Antonio. Control estadístico de procesos para la reducción del producto no conforme en la Empresa Migplas SA. 2017. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.
- CAMPOS AVENDAÑO, Gustavo Andrés, et al. El control de los procesos en la manufactura: alternativas a los gráficos de control sintéticos y su optimización. 2017.

- CARRO, Roberto; GONZÁLEZ GÓMEZ, Daniel A. Administración de las operaciones. Actividades para el aprendizaje. 2015.
- CASTILLO ARIAS, Ana Milena; NARANJO HERNÁNDEZ, Catalina. Diseño de un software para control estadístico de procesos en empresas de impresión de formas continuas (estudio de caso Cadena SA). 2003.
- LEÓN, Luis Dandy Esquivel. Responsabilidad civil por productos defectuosos: la información que deberíamos conocer. Derecho y cambio social, 2015, vol. 12, no 40, p. 4.
- FERNÁNDEZ ROSALES, Víctor. Control estadístico de procesos para validar la asociación de patrones como herramienta de calidad en envasado de botellas de licor reposado. 2017. Tesis Doctoral. Universidad Veracruzana. Región Xalapa. Facultad de Ingeniería Química.
- FERREL ESPINOZA, Hans. Aplicación de un control estadístico de procesos en la línea de embolsado de leche pasteurizada. 2016.
- Gestión de operaciones. (2017). Ejemplo de Gráfica de Control P o de Proporciones en el Control Estadístico de Procesos. Recuperado el 8 de Setiembre de 2022, de <https://www.gestiondeoperaciones.net/control-estadistico-de-procesos/ejemplo-de-grafica-de-control-p-o-de-proporciones-en-el-control-estadistico-de-procesos/>
- GRZYNA, Frank M., et al. Método Juran: análisis y planeación de la calidad. New York: McGraw-hill, 2007.
- PULIDO, Humberto Gutiérrez; DE LA VARA SALAZAR, Román. Control estadístico de calidad y seis sigma. McGraw-Hill, 2009.
- ZHU, Haipei. Implementation of statistical process control in a high volume machining center: importance of control charts. 2015. Tesis Doctoral. Massachusetts Institute of Technology.

- HANSEN, Bertrand L.; GHARE, Prabhakar M. Control de calidad: teoría y aplicaciones. Ediciones Díaz de Santos, 1989.
- Heintz Law. (2022). Productos Defectuosos. Recuperado el 11 de Setiembre de 2022, de <https://www.heintzlaw.com/productos-defectuosos/#:~:text=Los%20productos%20se%20consideran%20defectuosos,a%20las%20especificaciones%20del%20dise%C3%B1ador>
- HERNÁNDEZ PEDRERA, Carlos; DA SILVA PORTOFILIFE, Filipe. Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. Tecnología química, 2016, vol. 36, no 1, p. 104-116.
- INFOCORROSIÓN. (16 de Febrero de 2022). Conferencia Internacional sobre Protección y Aplicación contra la corrosión (ICCPA2022). Obtenido de <https://infocorrosion.com/index.php/noticia/mercados-y-companias/item/1260-2022-conferencia-internacional-sobre-proteccion-y-aplicacion-contrala-corrosion-iccpa2022>
- Ishikawa, K. (1989). Introducción al control de calidad
- ISO 9001. (2015). Definición de términos. Obtenido de <https://iso9001calidad.com/definicion-de-terminos-586.html#:~:text=Defecto%3A%20Incumplimiento%20de%20un%20requisito,los%20productos%20puestos%20en%20circulaci%C3%B3n>.
- LEÓN LESCANO, Katheryn Virginia. Control estadístico de procesos para mejorar la calidad en la línea de polos industriales, área de producción. Empresa nono fashion sac lima, 2017. 2017.
- LÓPEZ PASAPERA, Sleyther Itamar Eduardo. Propuesta de un sistema de protección con pintura para evitar la corrosión de estructuras metálicas en la ciudad de Piura-2020. 2020.

- MEJÍA, Elías. Metodología de la investigación científica. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005, vol. 1.
- MORENO, Karina Margarita Coteró; LAGUNA, Ana Bertha López; PÉREZ, Silvia Erika. Control estadístico del proceso.
- NAVARRO, José Manuel Alfaro; JIMÉNEZ, José Mondéjar; VARGAS, Manuel Vargas. Gráficos multivariantes aplicados al control estadístico de la calidad. Netbiblo, 2010.
- OCHOA ZORA, Javier Alejandro. Control estadístico de proceso como herramienta para el aseguramiento de calidad en la industria de alimentos. 2020.
- PIERDANT RODRÍGUEZ, Alberto Isaac; RODRÍGUEZ FRANCO, Jesús. Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas  y R. Política y cultura, 2009, no 32, p. 151-169.
- ROJAS, Arturo Ruiz-Falcó. Control estadístico de procesos. Universidad Pontificia, Madrid, 2006.
- PUTRI, Solehatin Ika; SEPTYANDI, Chandra Budhi; ROHANDANI, Dwi Phayana. Quality control of product: statistical process control. En 2016 Global Conference on Business, Management and Entrepreneurship. Atlantis Press, 2016. p. 259-267.
- RENDÓN, Hernán. Control estadístico de calidad. Medellín: Centro Editorial de la Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia, 2013.
- ROJAS, Arturo Ruiz-Falcó. Control estadístico de procesos. Universidad Pontificia, Madrid, 2006.
- TAMAYO, Luz Marcela RESTREPO. Cartas de control para optimizar el proceso de pintura de láminas de aluminio. Espacios, 2018, vol. 39, no 22.

- Ríos, R. (2017). Metodología para la investigación y redacción (Primera ed.). Málaga: Servicios Académicos Intercontinentales S.L.
- Molina, silvana mileydi cabezas; guerín, david jiménez; de popayán, fundación universitaria. diseño de una propuesta de mejora para la disminución del tiempo de atención al cliente en el restaurante italiano mediante la metodología dmaic.
- UCHPAS GUTIERREZ, Diana Bright; VELÁSQUEZ AZAÑA, Pool Anderson. Implementación del control estadístico de la calidad para reducir el número de productos defectuoso en la Empresa Acuicultura y Pesca SAC, Chimbote-2021. 2021.
- USECHE, María Cristina, et al. Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos. 2019.
- VALDERRAMA ROLDÁN, Jhoselyn Inocenta. Propuesta de implementación de técnicas de control estadístico de calidad para disminuir los índices de productos defectuosos e incrementar la rentabilidad en la empresa Inversiones Industriales del Amazonas SAC. 2017.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENIÓN	INDICADORES	ESCALA
Variable Independiente: <b>Control Estadístico de Procesos</b>	Según Hernández (2016) Es una división de calidad que incluye recopilación, análisis e interpretación de datos, establecimiento de calidad, comparación de rendimiento, prueba de desviación, etc., todos utilizados para actividades de control y mejora de la calidad del producto, productos, servicios y diagnóstico de fallas.	Para asegurar que la calidad del producto esté controlada por alguna actividad del proceso, es decir, cuando no existen posibles fuentes de variación para las cuales se deba aplicar una acción correctiva. Para dichos casos se utilizan las gráficas de control (Rendón, 2013, p. 19).	Gráficas de control por variable	<b>Gráfico de control <math>\bar{X}</math></b> $LCS_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$ $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$  <b>Gráfico de control R</b> $LCS_R = D_4\bar{R}$ $LCL_R = D_3\bar{R}$	Razón
			Capacidad del proceso	<b>Índice de capacidad potencial del proceso (Cp)</b> $Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma}$  <b>Índice de capacidad real del proceso (Cpk)</b> $Cpk = \text{mínimo} \left[ \frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$	Razón

<p>Variable Dependiente:</p> <p><b>Productos defectuosos</b></p>	<p>Un producto se considera defectuoso si contiene un defecto de diseño, fabricación o comercialización. Los defectos de diseño son causados por defectos de diseño en el producto. Un defecto de fabricación ocurre cuando un producto no cumple con las especificaciones del diseñador. (Heintz Law, 2022)</p>	<p>Un producto defectuoso es aquel que no cumple con los requisitos establecidos por estándares de calidad o por parámetros definidos por la misma empresa que lo fabrica, esto genera que no se cumpla con las expectativas y requerimientos del cliente.</p>	<p>Calidad del producto</p>	<p><b>Rendimiento de calidad</b></p> $RC = \frac{N^{\circ} \text{ de productos rechazados}}{N^{\circ} \text{ total productos pintados}} \times 100$	<p>Razón</p>
			<p>Espesor de pintura</p>	<p><b>SSPC-PA2</b></p> <p><b>Espesor mínimo:</b> El promedio de las mediciones puntuales no debe ser menor al 80% del espesor especificado.</p> <p><b>Espesor máximo:</b> El promedio de las mediciones puntuales no debe ser mayor al 120% del espesor especificado.</p>	<p>Razón</p>

Fuente: Elaboración propia, 2022

## ANEXO 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	OTROS
<p><b>Principal</b></p> <p>¿De qué manera el control estadístico de procesos reduce el número de productos defectuosos en la empresa J&amp;G Ingeniería SAC, Chimbote 2022?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>De qué manera el control estadístico de procesos reduce el número de productos defectuosos en el área de pintura en la empresa J&amp;G Ingeniería SAC, Chimbote 2022.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>El control estadístico de procesos reduce el número de productos defectuosos en la empresa J&amp;G Ingeniería SAC, Chimbote 2022.</p>	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p><b>Productos defectuosos</b></p> <p>Son aquellos que no cumplen con los parámetros o especificaciones establecidas por el cliente.</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Experimental.</p> <p>Un diseño experimental es la manipulación y el control del comportamiento de las variables por parte de un investigador.</p>
<p><b>Problema secundario</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué situación se encontrará el área de pintura de la empresa J&amp;G Ingeniería SAC?</li> <li>• ¿Cuál será los límites de control y la capacidad del proceso de pintado de la empresa J&amp;G Ingeniería SAC?</li> <li>• ¿El control estadístico de procesos tendrá influencia en la reducción de productos defectuosos de la empresa J&amp;G Ingeniería SAC?</li> </ul>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un diagnóstico actual de los productos defectuosos en el área de pintura.</li> <li>• Determinar los límites de control y la capacidad del proceso del área de pintura para obtener la tolerancia estadística del proceso.</li> <li>• Verificar si el control estadístico de procesos ha influenciado en la reducción de los productos defectuosos en la empresa J&amp;G Ingeniería SAC.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis secundaria</b></p> <p>La aplicación del control estadístico de procesos reduce los costos de pintado en la empresa J&amp;G Ingeniería SAC, Chimbote 2022.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p><b>Control estadístico de procesos</b></p> <p>Es un método que tiene diferentes técnicas las cuales nos ayudaran a llevar un mejor control en el proceso.</p>	<p><b>Duración del proyecto</b></p> <p>6 meses</p>

Fuente: Elaboración propia, 2022



**ANEXO 4:** Hoja de verificación.

HOJA DE VERIFICACIÓN									
TIPO DE DEFECTO									
Empresa:						Proceso:			
Semana:				Área:		Responsable:			
N°	Tipo de defecto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total	Índice
<b>TOTAL:</b>									
<b>Porcentaje</b>									

**Fuente:** Elaboración propia, 2022.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, TEOTISTA ADELINA QUISPE RIVERA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "Control estadístico de procesos en el área de pintura para reducir los productos defectuosos en la empresa J&G Ingeniería SAC, Nuevo Chimbote 2022.", cuyos autores son MORENO SAAVEDRA SAMUEL OMAR, CORRALES VALENCIA MAGALI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

CHIMBOTE, 25 de Enero del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
TEOTISTA ADELINA QUISPE RIVERA <b>DNI:</b> 02773303 <b>ORCID:</b> 0000-0002-3371-1488	Firmado electrónicamente por: TAQUISPE el 25-01- 2023 13:44:50

Código documento Trilce: TRI - 0527963