

Medición y evaluación del patinado de un producto de bronce utilizando una estación de caracterización de color

Christian Gabriel Valenzuela Reyes¹, Noé Alba Baena¹,
Enrique López Barrón¹, Francisco Estrada Orantes¹

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Resumen

Existe un problema recurrente y de alta incidencia líneas de ensamble de lámparas para exteriores, referente a la pobre calidad cosmética del armazón. Las piezas son fabricados en dos materiales (latón antiguo y cobre). Entre los principales problemas registrados están piezas con manchas, con falta de pintura y piezas con distintas tonalidades, todos estos problemas son medidos y clasificados de forma subjetiva por los trabajadores.

El método de solución seguido para este problema se divide en cuatro etapas. La estructuración del problema, ayuda a entender y describir el problema, se plantea el objetivo del proyecto y sus validaciones. Se realiza un análisis inicial del problema para explorar posibles cursos de solución. La segunda etapa es el diseño del producto, para ayudar a medir y clasificar los defectos se requiere diseñar y fabricar algún mecanismo de medición definiendo el color como variable de respuesta. La tercera etapa es el diseño del proceso basado en el método de patinado de metales se seleccionó un proceso para pintar el latón natural C260. Con ayuda de herramientas estadísticas se define un proceso alternativo y se realizan las validaciones. La cuarta etapa es la de implementación, donde se documenta el proceso alternativo de patinado inicial, se establecen las variables del proceso, los métodos de control, seguimiento, implementación de producción, documentación estándar y las prácticas de mejora continua.

Al finalizar la metodología se obtuvieron los siguientes resultados. Se definió un método de medición para el control del material con ayuda de un prototipo básico de medición de colores y su interfase para mostrar datos. Se establecieron especificaciones para el color de los armazones de latón antiguo, así como un proceso de seguimiento al material no conforme. Se generan las conclusiones, el cumplimiento de los objetivos planteados y las recomendaciones necesarias.

Palabras clave: Diseño de producto, validaciones.

Introducción

Como se mencionó anteriormente el proveedor fabrica los armazones usados para ensamblar las lámparas en tres materiales que son el bronce antiguo, cobre y otros materiales como el plástico. La Figura 1.1 muestra la distribución de lámparas

fabricadas por el proveedor en los materiales antes mencionados, el material con el que mayormente se fabrican armazones es el bronce antiguo con un 90% del volumen total fabricado por año.

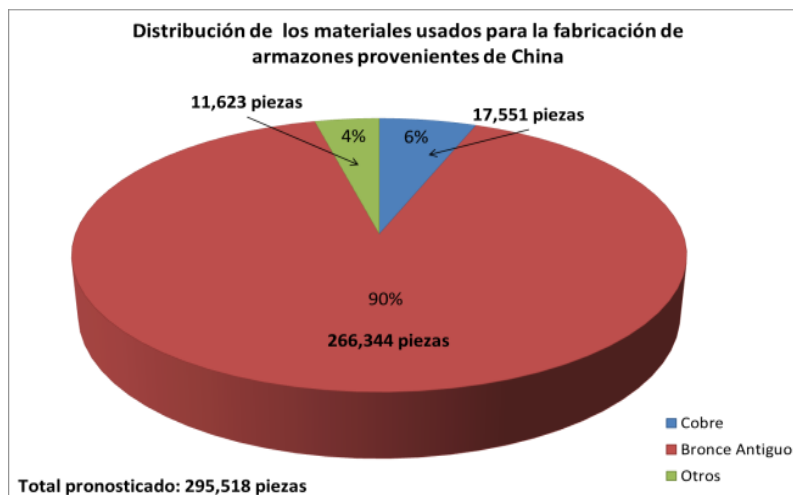


Figura1.1 Gráfico con la distribución de material usado para fabricar los armazones

Desde que el producto se incorporó a la producción en Juárez se ha reportado un problema en las piezas de bronce antiguo al cual se le cataloga como piezas sucias. Es un defecto cosmético que se presenta aleatoriamente y actualmente solo es detectado dentro de las líneas de ensamble

por medio de inspección visual dependiendo totalmente del criterio del empleado. A partir de Agosto 2014 a Agosto 2015 se llevó un registro formal para determinar el tamaño del problema, los datos obtenidos se observan en la Figura 1.2.

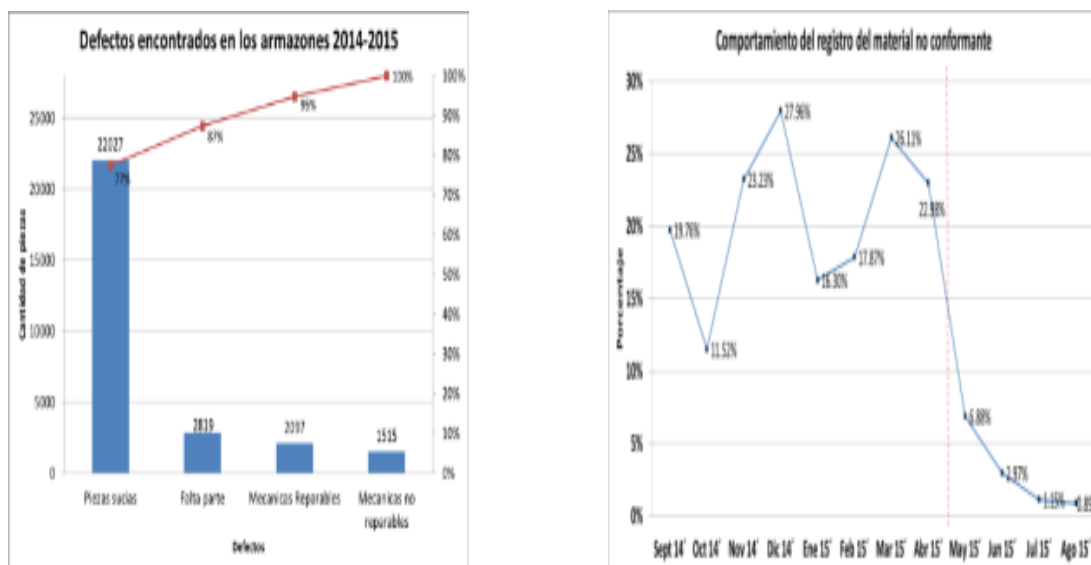


Figura 1.2 Distribución y tendencia de defectos encontrados en armazones.

Como se puede observar en el gráfico de lado izquierdo de un total de 150,000 piezas producidas, aproximadamente un 20% de piezas han presentado la condición de “piezas sucias”. El gráfico de la izquierda detalla el comportamiento del defecto durante los meses que se registraron los defectos en los armazones, se observan también cuatro puntos con un 20% de piezas defectuosas lo cual representa un número considerable.

Dentro de las piezas registradas como sucias se encontró que aparte de las piezas con manchas detectadas en un principio existen piezas con falta de pintura y piezas con distintas tonalidades. La Figura 1.2 muestra un ejemplo de cada situación mencionada, estas piezas no se pueden clasificar para su registro ya que depende totalmente del criterio del empleado y lo que este perciba al momento de realizar la inspección de cada pieza.

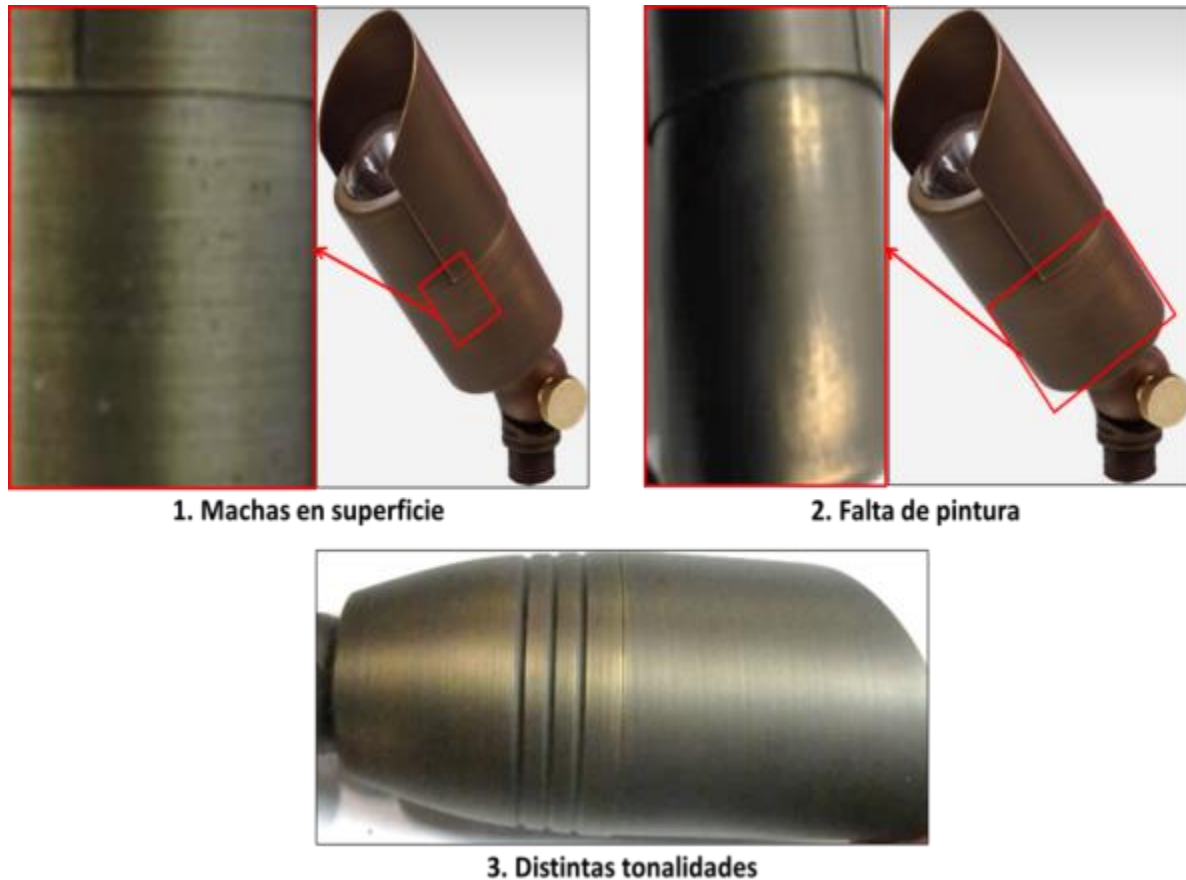


Figura 1.3 Defectos encontrados dentro de la clasificación de piezas sucias.

Una vez que una pieza con manchas o con falta de pintura es detectada la medida de

contención es limpiar y reparar el armazón. Para realizar esta operación se utiliza un

químico llamado C22, una fibra roja fina, guantes de látex y lentes de seguridad para evitar el contacto con el químico. La operación de reparación a detalle se encuentra en la sección de anexos (1). Es importante mencionar que actualmente no se cuenta con especificaciones del producto para medir y controlar la característica del color ni se cuenta tampoco con información de algún del proceso de fabricación para el bronce antiguo.

Este producto es casi en su totalidad vendido a distribuidores y contratistas encargados de instalar las lámparas, estos por lo general son empresas muy detallistas y buscan un producto de calidad estética muy alto para ofrecer a sus clientes. Se han recibido algunas quejas por parte de los contratistas por piezas sin pintura y piezas con acabado no uniforme en las piezas fabricadas en bronce antiguo, también como se analizó anteriormente este material es el de más alto volumen en ventas. Es por esto que se considera importante definir un método de inspección adecuado que ayude a catalogar y clasificar el material recibido, así como determinar la o las variables de respuesta y sus límites.

Una vez definido el problema se generan los objetivos y validaciones de los mismos.

1.2 Objetivo general

Generar un sistema que tenga la capacidad de identificar y medir la calidad del color en armazones bronce antiguo.

1.2.1 Objetivo particulares

Diseñar un prototipo de medición que permita obtener valores cuantitativos.

Diseñar un proceso de coloración alternativo para obtener piezas de bronce antiguo.

Validación

Validar el aparato

Ho: El porcentaje de variación del sistema es menor al 10%

H1: El porcentaje de variación del sistema es mayor al 10%

Validar el proceso

Ho: No existe diferencia significativa entre las medias del proceso propuesto y las iniciales

H1: Existe diferencia significativa entre las medias del proceso propuesto y las iniciales

Validar el proceso

Ho: No existe diferencia significativa entre las varianzas del proceso propuesto y las iniciales.

H1: Existe diferencia significativa entre las varianzas del proceso propuesto y las iniciales.

2. Procedimiento experimental

A continuación se describen las etapas y se detallan algunas herramientas las cuales se utilizaron para resolver el problema definido y cumplir el objetivo del proyecto. Se comienza a partir de la segunda etapa ya que la primera etapa, la de introducción fue descrita en el capítulo

anterior. El diagrama de flujo con la metodología se muestra en la Figura 2.1

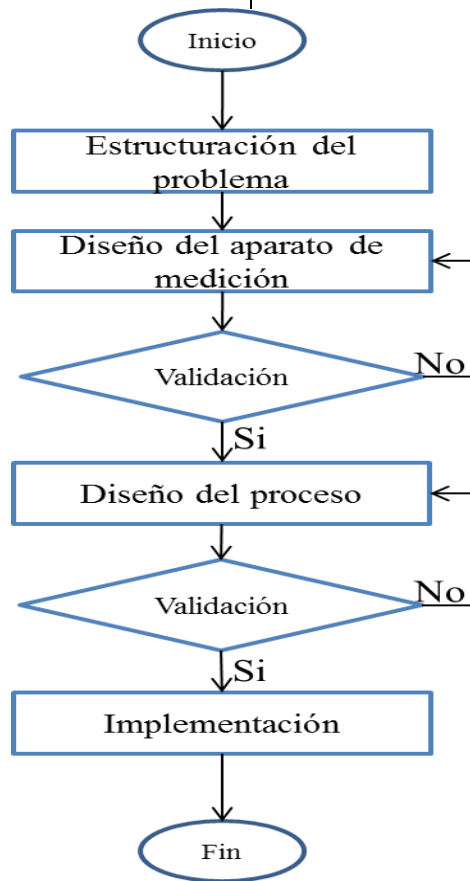


Figura 2.3 Diagrama de flujo con metodología

La segunda etapa es el diseño del sistema de medición, durante esta etapa se definen los requerimientos del cliente y los métodos de solución que pueden ser definidos utilizando la herramienta QFD (Pizdek, 2003) o casa de la calidad para con esto dictar la importancia de cada uno de los factores listados. Se definen las funciones del aparato de medición utilizando el diagrama FAST (Otto & Wood, 2001) o técnica del sistema del análisis de una función. Se definen función de alto orden, la cual debe estar ligada directamente al objetivo del proyecto, luego hacia la derecha se define la función básica y

las funciones secundarias. Debajo de cada una de esas funciones se escriben las secuencias de funciones que deben suceder al mismo tiempo. Después se deben evaluar los materiales, ensambles, funciones o probar algoritmos programados antes de fabricar e integrar un prototipo, esto ayuda a evitar gastos no necesarios durante la fabricación y validación del diseño, mediante la simulación o corridas de integración funcional. Al final se debe validar el aparato de medición para determinar el porcentaje de error que genera el prototipo al medir cada pieza con ayuda

del análisis del sistema de medición o MSA (siglas en idioma inglés) se determina el porcentaje de variación que tiene en cada una de las variables de respuesta medidas.

La tercera etapa es el diseño del proceso, durante esta etapa se debe analizar la situación inicial una vez que el prototipo de medición se encuentra calibrado y validado, también se calculan los límites de control preliminares para la evaluación del producto. Se mide una muestra significativa de piezas para determinar sus características, definir el tipo de datos y graficarlos para observar su distribución. Se generan alternativas de solución para el proceso mediante la investigación de procesos de coloración rústicas e industriales, con esta información se elige un proceso de coloración llamado patinado, el cual nos permite crear una lista de materiales preliminar. Se ajustan y evalúan los factores externos mediante el uso de los diseños experimentales factorial y de mezclas. Se replica el proceso definido con el análisis anterior haciendo una primera corrida utilizando el proceso previamente definido y una vez que se tienen todos los materiales, equipo y herramientas que se requieren. Se debe validar el proceso utilizando el prototipo de medición y generar los mismos datos estadísticos que se hicieron para el análisis de la situación inicial, se obtienen gráficos y análisis de los diseños experimentales realizados en el paso anterior para identificar los factores más significativos así como su o sus relaciones. Para finalizar se deben comparar los resultados obtenidos contra los valores definidos en la especificación utilizando una

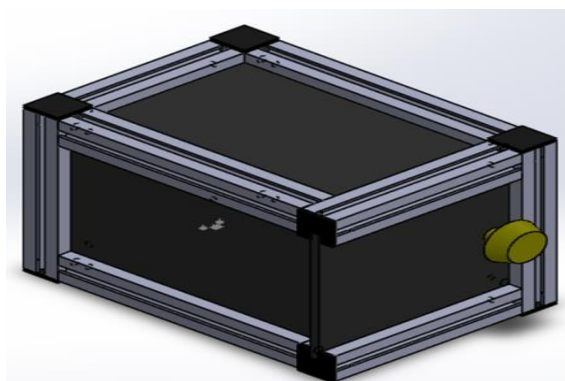
prueba estadística t y posteriormente comparar los valores del proceso realizado contra los valores iniciales para comprobar si existe una diferencia estadística significativa. Durante esta se debe buscar la mejor respuesta del diseño por mezclas utilizando el optimizador que está en el diseño de experimentos por mezclas, esta herramienta evalúa y muestra las proporciones que se deben utilizar de cada uno de los componentes para el experimento y así obtener el mejor resultado de la variable de respuesta que se está buscando. Replicar el proceso que se optimizó con los valores aplicados de cambio para que posteriormente estos datos sean validados y comparados contra los valores de la corrida inicial y con los valores de la mejor respuesta obtenida en el primer diseño para saber si existe una diferencia significativa. Estos nuevos valores obtenidos también deben ser comparados contra la especificación preliminar y saber cuál es su diferencia.

Para cerrar la cuarta etapa de la metodología propuesta es la implementación. El primer paso en esta etapa es documentar el proceso, una vez que se tienen los resultados de los diseños experimentales realizados se debe crear el diagrama de flujo del proceso, tomar los tiempos de las operaciones y realizar las instrucciones de manufactura. También es importante definir cuáles serán los gráficos de control del proceso una vez que este implementado.

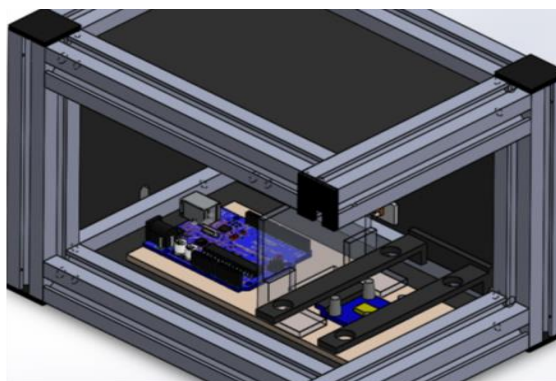
3. Resultados

Una vez realizado el diseño del aparato de medición se obtiene el prototipo que se muestra en la Figura 3.1, un equipo fabricado en aluminio extruido, mica negra, un Arduino y un sensor de color. Este aparato permite medir los colores de las piezas de latón y saber cuál es su grado de

tonalidad de una forma objetiva, además la luz es controlada por las paredes de color oscuro además de contar con un luxómetro que se encarga de estar midiendo que no exista alguna variación de luz dentro del aparato.



Vista exterior



Vista interior

Figura 3.1 Dibujo de ensamble de prototipo de medición de color. (Edison, 2015)

En la validación del aparato se obtuvo el 8.67% de variación en el aparato el cual es menor al 10%. Se realizó por medio de un estudio MSA Gage R&R, la Figura 3.2

muestra el grafico obtenido, se utilizaron cuatro piezas maestras y se midieron seis veces cada una.

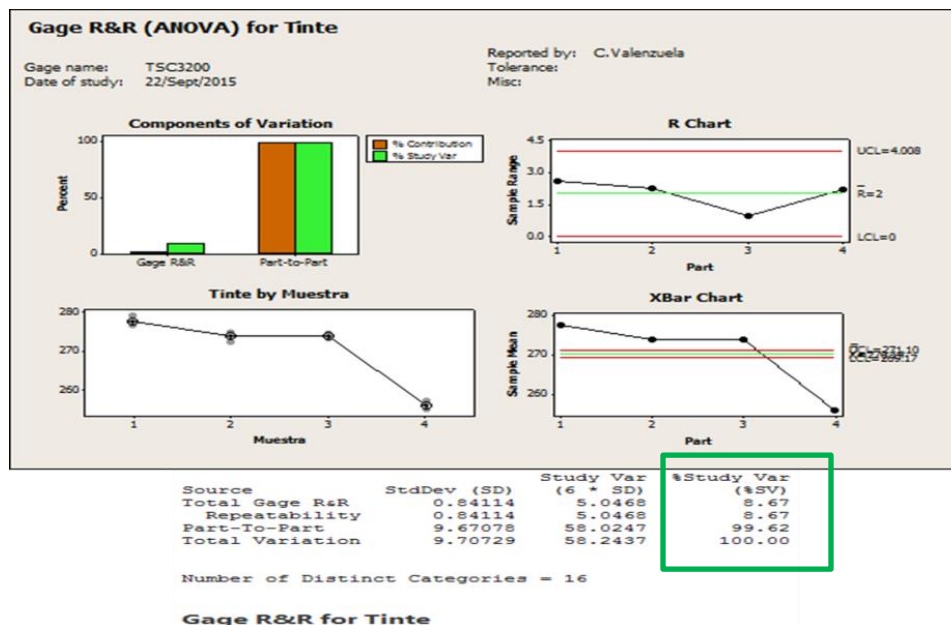


Figura 3.2 Resultado Gage R&R para variable de respuesta tinte

Las piezas maestras ayudan a definir los límites preliminares del producto, ya que la tonalidad se puede medir, visualizar y segregar como se muestra en la Figura 3.3

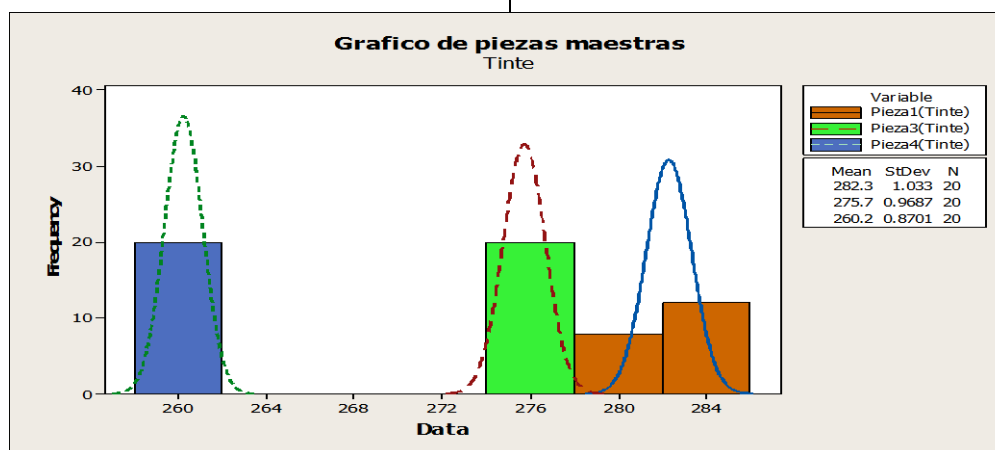


Figura 3.3 Histograma de piezas maestras para la variable de respuesta tinte

Una vez que el aparato está validado se realiza el análisis de tonos de la situación inicial, en la Figura 3.4 se muestra el gráfico de control, donde se puede observar que el material muestra una alta variación, así como puntos fuera de control con una desviación estándar de 14.92 y un Cpk de 0.31.

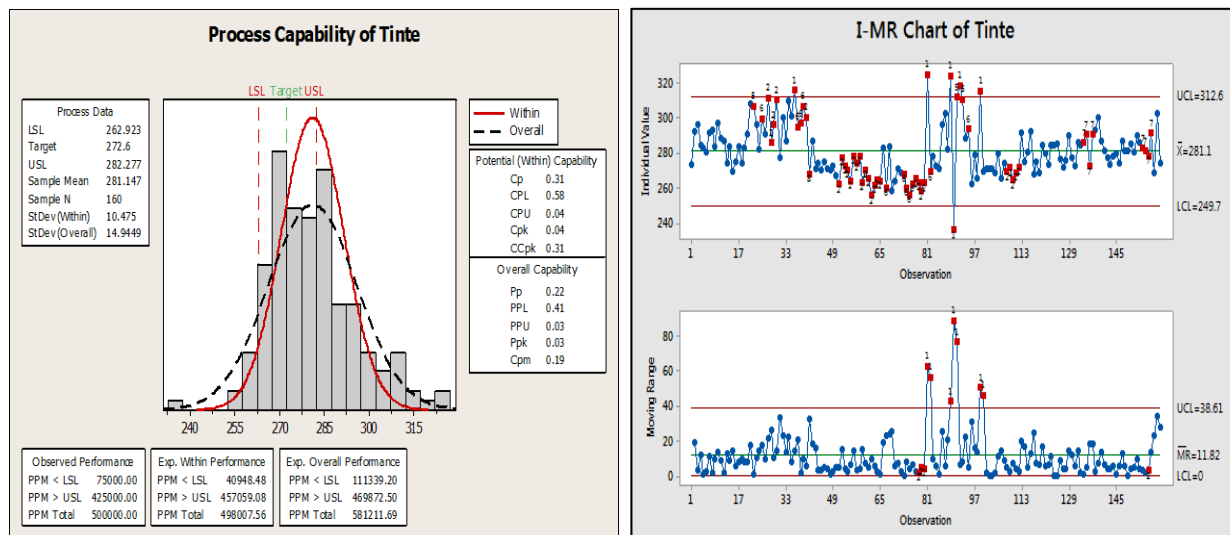


Figura 3.4 Capacidad de proceso inicial y gráfico de control

El proceso de patinado consiste en cuatro etapas como lo muestra la Figura 3.5 en el siguiente orden la limpieza mecánica para remover la capa de óxido natural que se forma sobre el latón natural, utilizando una fibra. La segunda etapa es la limpieza química para remover partículas sobre el

latón utilizando ácido fosfórico y limpiando la pieza con una fibra. La tercer etapa es la preparación de la mezcla utilizando los químicos propuestos por la fórmula de patinado, la cuarta etapa es la de inmersión utilizando el proceso de preparación de la mezcla propuesto por el método.



Figura 3.5 Proceso de patinado (Runfola, 2014)

Para finalizar se realiza la validación de medias y varianzas entre el proceso inicial y el proceso propuesto para saber que tan distintos son los proceso. La Figura 3.6

muestra el grafico con la comparación entre las capacidades, histogramas del proceso y comparaciones contra los límites.

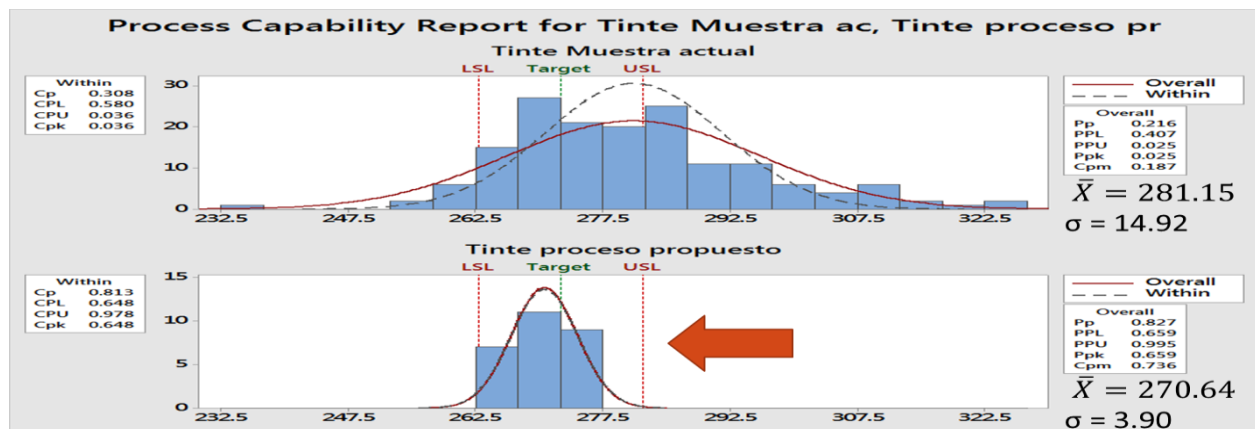


Figura 3.6 Comparación de proceso inicial vs proceso propuestos

Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo a la resultados obtenidos durante el desarrollo de la metodología propuesta para generar un sistema de medición que tenga la capacidad de medir la calidad en del color en armazones de bronce. Es importante tener un mecanismo de este tipo que ayude a medir la calidad cosmética del producto que estamos recibiendo y que no dependa de un criterio subjetivo de evaluación. Durante la etapa de diseño fue de suma importancia definir los requerimientos y las funciones que el prototipo debe cumplir y como lo va hacer, el tenerlos claramente definidos facilita a que el porcentaje de variación a la hora de validar el equipo sea pequeño ya que se están contemplando todos los factores y niveles que interactúan desde el comienzo. La validación del prototipo es la parte más crítica del proceso de diseño ya que asegura la veracidad de los datos que se está manejando el prototipo. El diseño del proceso fue importante desarrollarlo en esta metodología con el fin de conocer los factores y las relaciones que intervienen en

el proceso de coloración. Se comprueba que es posible replicar el color del bronce antiguo mediante el proceso de patinado a una escala de producción en laboratorio, pero con algo de inversión es posible crear un proceso de producción a escala industrial o definir un proceso de reparación para las piezas defectuosas encontradas en la planta o por el proveedor.

Algunas de las recomendaciones son sustituir el sensor de colores por un sistema de visión que permita obtener imágenes y patrones de superficies, es conveniente integrar un sistema de movimiento. Realizar una mejora en el código que permita crear rutinas de medición para cada armazón, que incluya cantidad de puntos a medir, cuantas mediciones se deben hacer por punto, posiciones de los puntos a inspeccionar de acuerdo a la geometría de la pieza e incluir el criterio de evaluación para determinar piezas buenas y malas. Para el proceso de patinado se debe continuar trabajando en

lograr aumentar la capacidad del proceso y centrarlo al valor objetivo que esta preliminarmente definido para la variable de respuesta tinte, las variables de saturación y

luminiscencia también deben ser trabajadas primero para ponerlas dentro de las especificaciones preliminares y después trabajar con la capacidad del proceso.

Referencias

Edison, V. (04 de Agosto de 2015). *Micro eletronicos*.

Otto, K. N., & Wood, K. L. (2001). *Producto Design (Techniques in reverse engineering and new product development)*. New Jersey: Prentice Hall.

Pizdek, T. (2003). QFD (Quality Function Deployment). En T. Pizdek, *The six sigma handbook* (págs. 121-125). McGrawHill.

Runfola, M. (2014). *Patina*. Loveland: Interwave.