

**CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO
UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA****CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA
AUTOMOTRIZ BAJO UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA****QUALITY CONTROL FOR AUTOMOTIVE PAINT PROCESS UNDER LEAN SIX
SIGMA ENVIRONMENT**

María Blanca Becerra Rodríguez¹
Ángel Adad Franco Baltazar²
Arturo Hernández Hernández³
Isabel Ernestina López Navarro⁴
Luis Javier Ríos Aguilar⁵

RESUMEN

El control de la calidad es un aspecto fundamental para asegurar la eficiencia de los procesos de manufactura, sobre todo en sectores industriales donde la seguridad del producto es indispensable para los usuarios, como es el caso del sector automotriz. En este trabajo, se pretende dar a conocer a investigadores y estudiantes de ingeniería, el desarrollo del proceso de control de calidad del área de pintura dentro de una Original Equipment Manufacturer (OEM), bajo un ambiente Lean Six Sigma.

Lean Six Sigma es una filosofía que permite identificar, enfocar y perfeccionar la calidad de servicios y productos, haciendo énfasis en la eliminación de desperdicios, enfoque en los pasos de valor agregado y un proceso estadístico que permite medir la capacidad del sistema a cumplir con los requerimientos del cliente tratando llegar a 3.4 defectos por millón a través de la toma de decisiones fundamentadas en datos.

El control de calidad bajo Lean Six Sigma se enfoca específicamente en las características críticas de calidad de un producto, no al producto en sí. El resultado final del producto siempre está determinado por lo que pasa durante el proceso, específicamente se basa en prevención de defectos y no control de defectos. Durante el desarrollo del proyecto, se mostrará la solución de un problema a través de la implementación de conceptos y herramientas estadísticas en base a la metodología DMAIC.

Palabras clave: Control de Calidad, Lean Six Sigma, Industria Automotriz, Control Estadístico de Procesos.

Fecha de recepción: 16 de agosto, 2020.

Fecha de aceptación: 21 de septiembre, 2020.

¹ Profesora-Investigadora del Tecnológico Nacional de México-Campus Querétaro (ITQ). mbecerra@mail.itq.edu.mx

² Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México-Campus San Juan del Río (ITSJR). angel.fb@sjuanrio.tecnm.mx

³ Profesor-Investigador de la Universidad Politécnica de Querétaro (UPQ). arturo.hernandez@upq.mx

⁴ Profesora-Investigadora del Tecnológico Nacional de México-Campus San Juan del Río (ITSJR). isalopmx@yahoo.com.mx

⁵ Ingeniero Industrial egresado del Tecnológico Nacional de México-Campus San Juan del Río (ITSJR).

CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA

ABSTRACT.

Quality control is a fundamental aspect to ensure the efficiency of manufacturing processes, especially in industrial sectors where product safety is essential for users, as is the case in the automotive sector. In this work, the aim is to make engineering researchers and students aware of the development of the quality control process of the painting area within an Original Equipment Manufacturer (OEM), under a Lean Six Sigma environment.

Lean Six Sigma is a philosophy that allows us to identify, focus and improve the quality of services and products, with an emphasis on waste elimination, focus on value-added steps and a statistical process that allows us to measure the capacity of our system to meet customer requirements trying to reach 3.4 defects per million through data-based decision making.

Quality control under Lean Six Sigma focuses specifically on the critical quality characteristics of a product, not the product itself. The final result of the product is always determined by what happens during the process, specifically it is based on prevention of defects and not control of defects. During the development of the project, the solution of a problem will be shown through the implementation of concepts and Statistical tools based on the DMAIC methodology.

Keywords: Quality Control, Lean Six Sigma, Automotive Industry, Statistical Control Process.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación trata de la implementación de las fases Six Sigma, Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Control (DMAIC), la cual mostrará la solución de un problema a través de la implementación de conceptos y herramientas estadísticas en base a la metodología DMAIC obteniendo un resultado detallado del comportamiento del proceso de pintura en el área automotriz.

Nandakumar, Saleeshya y Harikumar (2020) en un estudio considera que muchas empresas, pequeñas y medianas apuntan a una tasa de mejora más rápida en la satisfacción del cliente, el costo, la calidad, la velocidad del proceso y el capital invertido. Este estudio se hizo en una empresa del sector alimenticio con el objetivo de identificar y eliminar los cuellos de botella en el proceso y mejorar la producción mediante la aplicación de diversas técnicas como DMAIC, ANOVA y 5'S.

Srinivasan, Muthu, Devadasan y Sugumaran (2014), realiza una implementación de las fases de six sigma para mejorar la efectividad del intercambiador de calor de carcasa y tubos en una empresa de fabricación de hornos de pequeño tamaño. El intercambiador de calor de carcasa y tubo es uno de los componentes críticos del horno. El objetivo es mejorar la calidad del horno a través de las fases DMAIC. Al final de la implementación se lograron ahorros monetarios anuales de 0.34 millones, en la empresa de fabricación de hornos.

El estudio de Pinto, Silva, Campilho, Casais, Fernandes y Baptista (2019) mencionan que la función de mantenimiento asume un papel clave en la industria actualmente y la industria automotriz no es la excepción y hay reglas estrictas para cumplir. Aquí se presenta un estudio en una empresa multinacional, donde se producen piezas para la industria automotriz, donde fue necesario implementar indicadores clave de desempeño para cumplir con el estándar, y creo un modelo para la gestión de repuestos vinculados al mantenimiento de equipos existentes. Utilizando herramientas Lean, SMED y otras logrando el éxito planteado del 90% de ahorro.

CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA

En el contexto del cumplimiento de pedidos Maia, Pimentel, Silva, Godina y Matias (2019), como un proceso comercial clave que se ocupa de todas las actividades necesarias para definir los requisitos del cliente, diseñar los procesos de producción y logística y complementar los pedidos de los clientes. Este estudio se desarrolló en una empresa de cerámica, con el objetivo de analizar y mejorar el proceso de cumplimiento de pedidos de la empresa que se había deteriorado después de la introducción de una nueva línea de productos que implicaba un nuevo proceso de producción. Cuando se aplica DMAIC, se logró una mejora en la capacidad del proceso, así como una reducción del 30% en el porcentaje de pedidos retrasados.

En un análisis DMAIC consideraron, Mast y Lokkerbol (2012), comparar críticamente el método DMAIC con ideas de teorías científicas en el campo de la resolución de problemas. Se seleccionan cinco temas de la literatura de resolución de problemas; tareas genéricas de resolución de problemas, resolución de problemas de diagnóstico y solución de problemas correctivos. El estudio proporciona una caracterización de los tipos de problemas para los cuales DMAIC es un método adecuado, pero también identifica problemas para los que puede no ser efectivo.

Smetkowska y Mrugalska (2018) presentan como implementar el ciclo DMAIC, como un elemento de mejora continua en la práctica. Para lograrlo, se discute ampliamente el problema de la calidad y la mejora de calidad. En función del problema reconocido en la organización, se realiza un análisis con la aplicación de DMAIC. También se presentan las propuestas de mejoras, que pueden implementarse en la organización para aumentar la efectividad del proceso de producción.

Un caso de estudio se ha dado para la implementación de Lean Six Sigma donde consideran Krishna, Jayakumar y Suresh (2020), en una planta para ensamble automotriz para reducir, eliminar procesos sin valor agregado en la línea de ensamblaje. Se realiza un análisis exhaustivo de defectos en la planta de ensamblaje automotriz para examinar, medir y reducir las fuentes de fallas en un proceso operativo en cuestión, para optimizar la ocurrencia de defectos, mejorar y mantener el rendimiento durante todo el proceso de ensamblaje automotriz. Se identificaron tres actividades sin valor agregado y 12 defectos cruciales y se proporcionaron las soluciones potenciales utilizando estrategias de lean six sigma como DMAIC, análisis causa raíz, herramientas y técnicas.

Un grupo de concesionarios de automóviles portugueses como Cunha y Dominguez (2015), aplicaron la metodología DMAIC para mejorar el proceso de facturación de la garantía. Este proyecto mostro a los gerentes de los concesionarios de automóviles comprender que las métricas financieras no las controlaban los estándares de cumplimiento para las marcas de automóviles, en los servicios de garantía, ni aseguraban un buen flujo de caja para los concesionarios de automóviles.

Se realizó un trabajo de estudio en la fábrica de neumáticos Continental en Portugal donde Barbosa, Pereira, Silva y Campilho (2017), se identificaron las principales causas posibles de la generación de defectos y también se llevaron a cabo propuestas para mejorar el funcionamiento del proceso de producción APEX de cuentas. El ciclo DMAIC se aplicó en el análisis del proceso, permitiendo un análisis estructurado y la identificación de diferentes causas que afectan negativamente el proceso estudiado y, en consecuencia, permitió la identificación de oportunidades de mejora.

Fahey, Jeffers y Carroll (2020), presentaron un enfoque de grandes volúmenes de producción biofarmacéutica en línea y fuera de línea, lo que permitió analizar y modelar todo el proceso. El enfoque integrado ofrece resultados prometedores de experimentos sintéticos, además de aplicarse en la práctica a un proceso de cultivo celular.

En el presente trabajo se presenta la metodología Six Sigma, que al aplicarla dará soluciones que ayuden a reducir la Unidad de Control de Proceso (CPU), para disminuir costos por mala calidad y aumentar la secuencia de la línea de pintura.

CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA

JUSTIFICACIÓN

El estudio se realizó en una OEM, que se encuentra en la República mexicana, que se dedica al ensamblaje de piezas automotrices desde inicio a fin, para ver como producto terminado un automóvil.

La problemática refiere en el departamento del proceso de pintura pues aquí es donde se presenta un alto valor en el indicador de CPU, que, según datos históricos presentados por el área de control de calidad, el CPU acumulado y que ocupa el lugar 5 en defectos con un valor de 0.116. Por lo que se requiere de identificar y priorizar los problemas que más afectan al CPU, de pintura para trabajar sobre un problema específico, para después mediar la situación actual de la problemática en específico para establecer un objetivo de mejora, además de medir los datos y parámetros de entrada para posteriormente analizar la información, posteriormente se identificar la causa raíz del problema y luego implementar contramedidas que eliminen la causa raíz y por ende reducir el CPU y por último se establecerán controles a las mejoras implementadas para evitar para siempre la problemática. Entre los beneficios importantes de este trabajo, son mejorar la calidad del producto a través de la eliminación o reducción del problema, también el mantener los costos bajos de operación y mejorar la productividad de la línea de producción de pintura.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la realización de este trabajo está basada en la metodología Lean Six Sigma, siendo esta una filosofía la cual se enfoca a cumplir los requerimientos del cliente a través del manejo eficiente de datos y metodologías y diseños robustos que permiten reducir la variabilidad de los procesos con el fin de alcanzar un nivel de 3.4 defectos por millón. Como efecto secundario brinda una reducción en los tiempos de ciclo, reducción en los costos por mala calidad, mayor satisfacción de los clientes entre otros.

La metodología Lean Six Sigma:

Definir: El propósito de esta fase, es identificar el problema a resolver, estratificando tanto como sea posible. Los aspectos que se tienen que definir son: Detectar el problema, Definir las características críticas de calidad (CTQ'S), escuchar la voz del cliente, definir el impacto, concretar las metas, alcance y análisis de ahorros financieros.

Medir: En esta fase de medición es establecer las técnicas para la recolección de información acerca del desempeño actual que destaque las oportunidades del proyecto y proporcione una estructura para monitorear las mejoras subsecuentes. Durante esta fase de medición se eliminan las conjeturas y suposiciones acerca de lo que los clientes necesitan y esperan, y que tan bien está trabajando el proceso. Se recolecta información de varias fuentes para determinar el tiempo ciclo, tipos de defectos, retroalimentación del cliente acerca de cómo se ajusta el proceso a sus necesidades.

Análisis: En esta fase debe permitir enfocarse en las oportunidades de mejora al observar detalladamente los datos recolectados. Para concluir esta fase será necesario realizar las sig. subfases: Realizar análisis de capacidad del proceso, Seleccionar herramientas de análisis, aplicar herramientas de análisis gráfico e identificar las fuentes de variación.

Mejorar: Esta fase buscan soluciones a partir de la información analizada en la fase anterior, las subfases a realizar para un correcto desarrollo son: generar alternativas de mejora, piloto y evaluar mejoras

CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA

Controlar: Una vez implementadas las mejoras en el proceso, el último paso es asegurar que las implementaciones se mantengan y estén siendo actualizadas a través del tiempo. Subfases que deben llevarse: validar el sistema de medición, determinar la capacidad del proceso, implementar el sistema de control.

Desarrollo del estudio

La elaboración del estudio seguirá la metodología DMAIC, como se muestra en la **Figura 1**. Primeramente, definiendo cual es el problema para atacar, midiendo la situación actual, analizando las causas y las variables, implementando soluciones y controles.



Figura 1. Esquema de metodología Lean Six Sigma

A continuación, se explicarán las demás fases que se siguieron para cumplir con la metodología Lean Six Sigma.

En la etapa de *Definición*, se realiza la alineación con los requerimientos del cliente, el alcance de la mejora a implementar y el entendimiento de los procesos involucrados. Los requerimientos del cliente son identificados como CTQs (Críticos de Calidad / Critical to Quality), mientras que los requerimientos del proceso son identificados como CTPs (Críticos del Proceso / Critical to Process). En esta fase se define quién es el cliente, sus requerimientos y expectativas. Determinando el alcance del proyecto: las fronteras que delimitarán el inicio y final del proceso que se busca mejorar, como se muestra en la **Figura 2**.

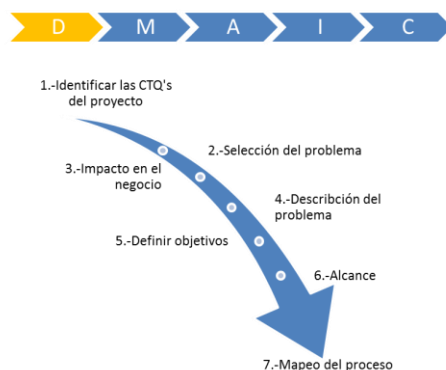


Figura 2. Flujo de la etapa de Definición

En la etapa de *Medición*, se tiene como objetivo indagar sobre el estado actual del proceso, identificando el desempeño actual del proceso a mejorar. Se consideran los CTQs y CTPs para determinar los indicadores de desempeño y tipos de defectos a monitorear durante el proyecto. En esta fase se diseña el plan de recolección de datos y se identifican las fuentes de los mismos, determinando las hipótesis de causa-efecto. Se realiza el contraste del proceso actual con los requerimientos del cliente para determinar la brecha existente de la mejora requerida, como se muestra en la **Figura 3**.

CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA

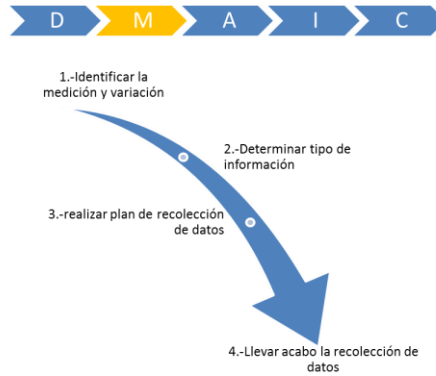


Figura 3. Flujo de la etapa de Medición

En la etapa de *Análisis* se realiza el tratamiento de la información recolectada para identificar las causas raíz de los modos de falla y determinar las oportunidades de mejora. En esta fase se realiza la selección de posibles soluciones y el plan de acciones de acciones de mejora, así como la validación de causas de variación, como se muestra en la **Figura 4**.

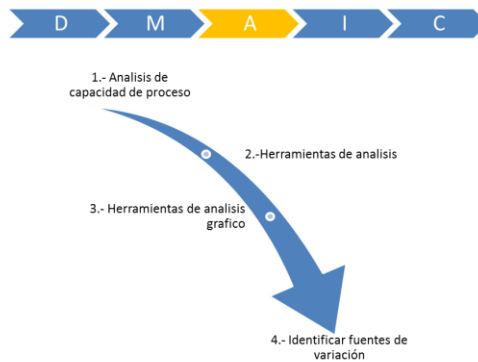


Figura 4. Flujo de la etapa de Análisis

En la fase de *Implementación* de la Mejorar, se ejecutan las soluciones sobre las causas-raíz y se realiza la verificación del proceso para garantizar la efectividad de las acciones, y el cumplimiento de los requerimientos del cliente, como se muestra en la **Figura 5**.

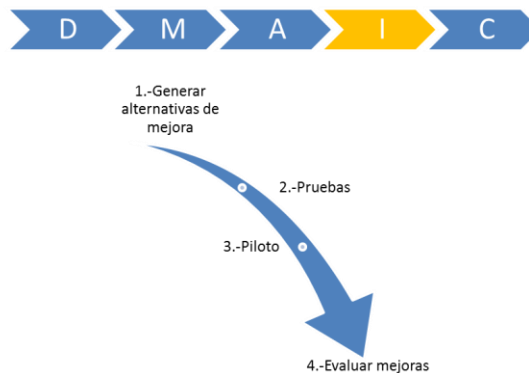


Figura 5. Flujo de la etapa de Implementación de la Mejora

CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA

En la fase de *Control*, se garantizan los mecanismos que permitan controlar y monitorear las modificaciones del proceso, con el desarrollo de estándares y el entrenamiento de los involucrados para garantizar el estado de mejora a largo plazo, como se muestra en la **Figura 6**.

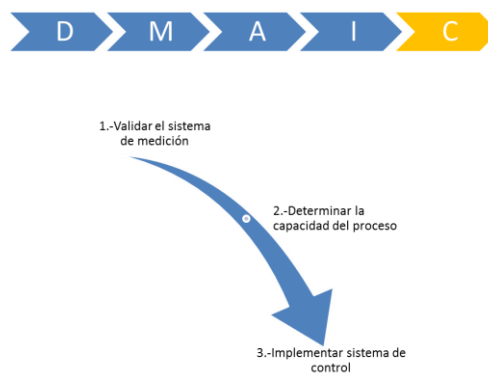


Figura 6. Flujo de la etapa de Control

RESULTADOS

Después de haber aplicado la metodología DMAIC, se explicarán los resultados obtenidos:

Definir.

Identificar los CTQ's: El principal CTQ de pintura es cumplir con la secuencia, este indicador muestra el porcentaje de cumplimiento del programa de producción de acuerdo al orden establecido dado a la flexibilidad que demanda el mercado. Dentro del departamento de pintura el único factor que reduce el porcentaje de secuencia son los desvíos por mala calidad los cuales en su mayoría son de aspecto visual, por lo que su métrica es por atributos y este es medido en CPU y es calculado con la **Ecuación 1**, de la siguiente manera

$$CPU = \frac{\text{Número de unidades que presentan el defecto}}{\text{Volumen de inspección}} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Algunos de los defectos que pueden presentarse dentro del departamento de pintura y que pueden ser causa de reclamo por parte del cliente son: Tecata de base, grumo de pintura, fibras, escurridos, contaminados, hervidos, manchados, polvo de lija, golpes, marcas de trapo y entre otros.

Selección del problema: En el departamento de pintura existen diversas áreas entre las cuales todas aportan algo a la calidad de la unidad, los requisitos para cumplir con esta calidad son: Garantizar la eficacia del sistema anticorrosivo, evitar pasos de agua y una perfecta apariencia. Todas estas etapas se expresan en el siguiente diagrama de bloques, como en la **Figura 7**.

CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA

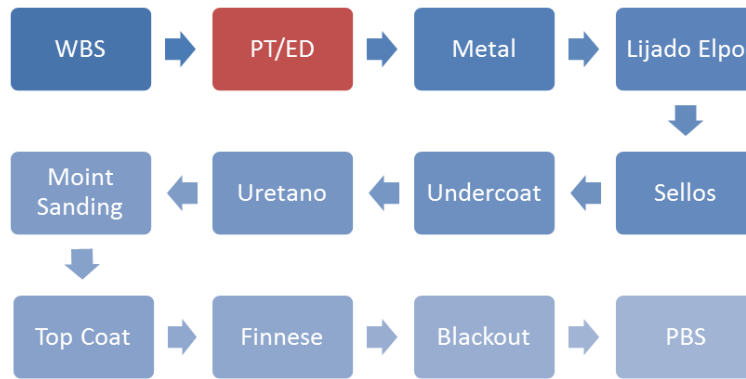


Figura 7. Diagrama de bloques del departamento de pintura

El área en específico donde se decidió trabajar fue Fosfato (PT/ED) ya que es un proceso bastante crítico en la apariencia de la unidad y en el sistema anticorrosivo. Una vez definida el área se estratificaron y priorizaron todos los problemas que tiene PT/ED a través de un diagrama de PARETO mostrando en la **Figura 8**.

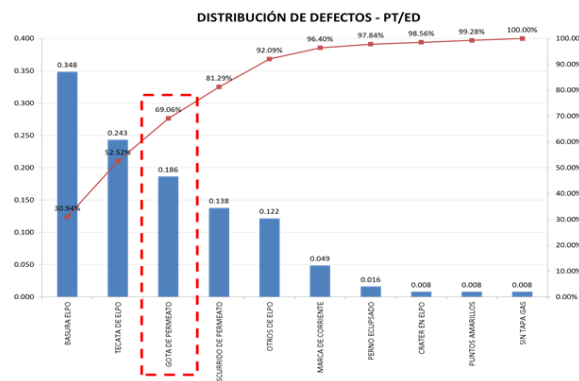


Figura 8. Diagrama de Pareto del departamento de pintura

Analizando la información se decidió trabajar en el problema de gotas y escurridos de permeato por ser un problema especial químicamente.

Impacto en el negocio: los beneficios obtenidos de este estudio fueron. Aumenta la calidad total de las unidades, mejor apariencia, menos estrés laboral en el área lijado, Este defecto está fuertemente relacionado con los malos lijados y procesos estables.

Descripción del problema: Alto valor del indicador de calidad CPU por gotas y escurridos de permeato, esto en base a datos proporcionados por calidad de diciembre de un año a enero del otro año, como se muestra en la **Figura 9**

CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA

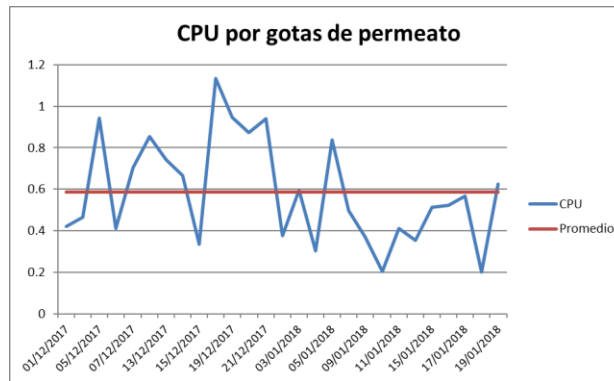


Figura 9. Grafica CPU por goteo

Los escurridos de permeato son acumulaciones de permeato que, al hervir en el horno, escurren sobre la unidad.

Definir objetivos: Reducir el CPU de escurridos de permeato en las unidades del 0.59 al 0.26 a través de la implementación de la filosofía Lean Six Sigma en el área de Fosfato, para aumentar la calidad total de las unidades y a su vez incrementar la secuencia de las unidades, como se muestra en la **Figura 10**.

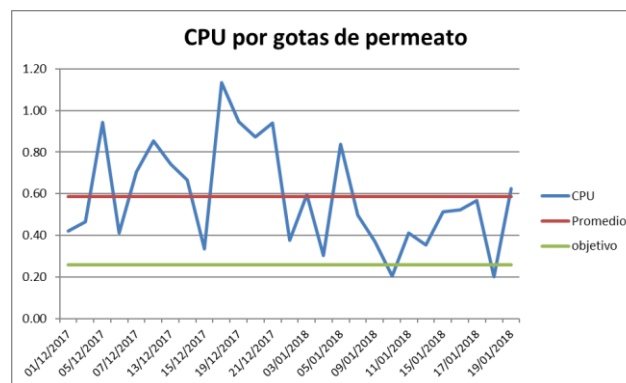


Figura 10. Gráfica de CPU por goteo-objetivo

Alcance: Aquí se trabajará en encontrar y eliminar las causas de variación en los escurridos de permeato presentados en las unidades producidas.

Mapeo de proceso: PT-ED es el proceso donde se tiene un primer contacto crítico con la unidad en el cual existe un pretratamiento basado básicamente en enjuagues para eliminar impurezas. Posteriormente a ello a la unidad se le aplica un recubrimiento anticorrosivo llamado E-COAT dado a la situación del problema el proceso más crítico donde se empieza a originar el concentrado de permeato es el subproceso de ELPO, UF's y enjuagues de agua DI. A continuación, se presenta un diagrama de los subprocesos involucrados en PT-ED en la **Figura 11**.

CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA

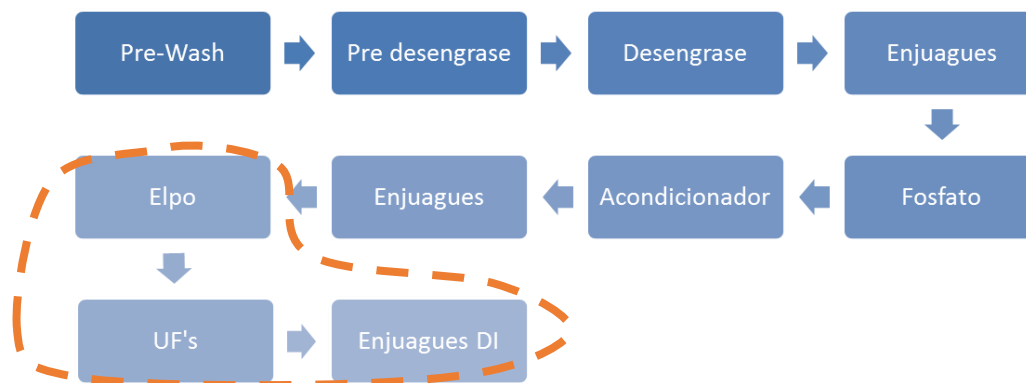


FIGURA 11. Diagrama de subprocesos

Este defecto solo lo categorizan por el atributo pasa o no pasa, el área que determina esto, es lijado. Al llegar la unidad con un defecto de escurrido de permeato tienen que retrabajarlo por lo cual pueden suceder dos eventos, el primero es que sea un defecto leve y solo se tiene que desvanecer y el segundo efecto es que se presente un escurrido grave, estos tienen que ser lijados hasta la lámina y posteriormente se le aplica un spray con función parecida a la del Elpo. Para el segundo caso estos son los defectos que se registran para el indicador de calidad.

Determinar el tipo de información: Para esta problemática la medición será por atributos, como se observa en la **Figura 12**.



Figura 12. Información por gráfica de control por atributo

Pruebas

El método de sopleteo se cambió para contener el escurrido de permeato. Como resultado de esta prueba se observaron notables mejoras en la canaleta. El porcentaje de eficiencia de la mejora al implementar el cambio del método de sopleteo es del 47.6% de mejora.

CONCLUSIONES

La calidad en el departamento de pintura es parte fundamental de la empresa donde se realizó el estudio, además es un factor importante en el cumplimiento de la secuencia. Se reveló que, con la solución a la problemática, se contribuye a ofrecerle al cliente el placer de correr un automóvil con una imagen muy vistosa como parte de la visión de la OEM.

El desarrollo de este estudio tuvo un enfoque directo en la calidad, reduciendo la cantidad de defectos en gotas y escurridos de permeato. Aunque fue encontrada la causa raíz, solo se implementaron soluciones parciales que contienen el problema planteado al inicio de este trabajo de investigación, ya que las contramedidas definitivas siguen en desarrollo y evaluación. Aunque lo parcialmente propuesto ha dado buenos resultados, mostrando una eficiencia de mejora del 45%.



CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA

Es necesario que se contemple un nuevo estudio con todas las variables de entrada y efectuar un Diseño de Experimentos (DOE) como técnicas, para disminuir aún más la problemática.

Durante la implementación de este estudio se encontró como limitante que no se contaba con un sistema de medición tan efectivo, es por esto que se recomienda trabajar más adecuadamente en las variables de salida y entrada que necesitan ser medidas minuciosamente para poder tener un análisis más completo.

La complejidad de implementar y empatar la metodología DMAIC con el problema de escurridos y gotas de permeato es que todas las salidas del proceso son medidas por atributos, por lo tanto, en la etapa medir es un poco complicado realizar un histórico de datos ya que el defecto es atendido por día.

BIBLIOGRAFÍA

Barbosa, B., Pereira, M., Silva, F. y Campilho. (2017). Solving Quality Problems in Tyre Production Preparation Process: A Practical Approach. *Procedia Manufacturing*. 11. 1239-1246.

Cunha, C. y Dominguez, C. (2015). A DMAIC Project to Improve Warranty Billing's Operations: A Case Study in a Portuguese Car Dealer. *Procedia Computer Science*. 64. 885-893.

Fahey, W., Jeffers, P. y Carroll, P. (2020). A business analytics approach to augment six sigma problema solving: A biopharmaceutical manufacturing cas study. *Revista Computers in Industry*. 116.

Krishna, P., Jayakumar, V., y Kumar, S. (2020). Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line. *Materialstoday Proceedings*. 22. 948-958.

Maia, M., Pimentel, C., Silva, F., Godina, R. y Matias, J. (2019). Order fulfilment process improvement in a ceramic industry. *Revista Procedia Manufacturing*. 38. 1436-1443.

Mast, J. y Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problema solving. *Revista International Journal of Production Economics*. 139(2). 604-614.

Nandakumar, N., Saleeshya, P. y Harikumar, P. (2020). Bottleneck Identification And Process Improvement By Lean Six Sigma DMAIC Methodology. *Materialstoday: Proceeding*. 24. 1217-1224.

**CONTROL DE CALIDAD PARA UN PROCESO DE PINTURA AUTOMOTRIZ BAJO
UN ENTORNO LEAN SIX SIGMA**

Pinto, G., Silva, F., Campilho, R., Casais, R., Fernandes, A. y Baptista A. (2019). Continuous improvement in maintenance: a case study in the automotive industry involving Lean tools. *Revista Procedia Manufacturing*. 38. 1582-1591.

Smetkowska, M. y Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Revista Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 238. 590-596.

Srinivasan, K., Muthu, S., Devadasan, S. y Sugumaran, C. (2014). Enhancing Effectiveness of Shell and Tube Heat Exchanger through Six Sigma DMAIC Phase. *Revista Procedia Engineering*. 97. 2064-2071.