

Implementación de Poka Yoke para Prevenir Deformaciones en el Proceso de Pintura

Implementation of Poka Yoke to Prevent Deformations in the Painting Process

Néstor Gustavo Adame-Pacheco
Tecnológico Nacional de México/I. T. de Aguascalientes,
México

Recibido: 24 septiembre 2024
Aceptado: 22 mayo 2025

Cecilia López-Rodríguez
Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios
número 80/ CETis 80, México

Francisco Iram Jáuregui-Pérez^a
Tecnológico Nacional de México/I. T. de Aguascalientes,
México
iram.jp@aguascalientes.tecnm.mx

Resumen:

En este reporte de proyecto se destaca la necesidad de optimizar procesos para mantener la competitividad y calidad del producto, centrándose en un proyecto específico: las deformaciones en las piezas plásticas transparentes del modelo P13C durante el proceso de pintura, que resultan en productos no conformes y pérdidas económicas significativas para la empresa.

Esta problemática no sólo genera pérdidas económicas significativas, sino que también afecta la reputación de la empresa y la satisfacción del cliente, puesto que, después de perder 1,350 USD, se toma la decisión de darle solución al problema inmediatamente. Después de analizar la problemática, se determinó que la causa raíz del problema es la falta de una herramienta adecuada para lograr que durante el horneado del modelo las piezas puedan mantener su forma. Tras implementar una herramienta Poka Yoke (base metálica de posicionamiento de piezas con separadores por distancia), siguiendo la metodología propuesta por el equipo de trabajo y su principal base que son los ciclos de Deming, se logran ver resultados positivos en el aumento de la productividad, reducción de costos y tiempos, de esta manera se impacta en la satisfacción del cliente. Los resultados estadísticos son visibles gracias a la aplicación de indicadores como: el índice de piezas defectuosas, el cual disminuyó a 0% en un periodo de 3 meses y el índice de cumplimiento de entregas a cliente aumentó a un 100%; el beneficio permitió a la empresa aumentar sus ventas a 504 piezas, lo cual representa una venta de hasta 4,536 USD en un trimestre.

Palabras clave: Poka Yoke, Manufactura Esbelta, Jig, KPI.

Abstract:

This project report highlights the need to optimize processes to maintain competitiveness and product quality, focusing on a specific project: the deformations in the transparent plastic parts of the P13C model during the painting process, which result in non-conforming products and significant economic losses for the company.

This problem not only generates significant economic losses, but also affects the company's reputation and customer satisfaction, since, after losing 1,350 USD, the decision is made to solve the problem immediately. After analyzing the problem, it is determined that the root cause of the problem is the lack of an adequate tool to ensure that during the baking of the model the pieces can maintain their shape. After implementing a Poka Yoke tool (metal base for positioning parts with separators by distance), following the methodology proposed by the work team and its main base which are the Deming cycles, positive results are achieved in the increase of productivity, reduction of costs and time, thus impacting on customer satisfaction. The statistical results are visible thanks to the application of indicators such as: the rate of defective parts, which decreased to 0% in a period of 3 months and the rate of compliance with customer deliveries increased to 100%; the benefit allowed the company to increase its sales to 504 pieces, which represents a sale of up to 4,536 USD in a quarter.

Keywords: Pokayoke, Lean Manufacturing, Jig, KPI.

Notas de autor

Autor de contacto: iram.jp@aguascalientes.tecnm.mx

Introducción

Una empresa de origen japonés, dedicada a la inyección y manufactura de piezas plásticas automotrices y otros sectores, se encuentra en una etapa importante de su trayectoria como una empresa líder en el estado de Aguascalientes, México. Ante la llegada de un nuevo requerimiento por parte de un cliente, la empresa se enfrenta a distintos problemas, en particular, una alta tasa de deformaciones en las piezas plásticas del modelo P13C durante el proceso de pintura, en el cual se presenta un alto porcentaje de piezas fuera de especificación de acuerdo a las determinadas por el cliente, lo que ocasiona pérdidas monetarias, en donde posteriormente se procede a realizar un análisis detallado de las causas que pueden estar ocasionando estas variaciones, de manera general la empresa recibe un requerimiento por sus clientes el cual previamente valida antes de la producción en masa.

Fundamentos teóricos

A través de la evolución de la manufactura se ha demostrado la relevancia de implementar herramientas como el Poka Yoke y Manufactura Esbelta para optimizar procesos en cualquier tipo de empresa, con la finalidad de prevenir defectos, ya que estos en ocasiones son inevitables por cualquier tipo de situación que se pueda presentar en la operación, por tal motivo se buscan mecanismos que permitan evitarlos con una detección temprana. Este tipo de aplicación de metodologías de mejora continua, ayuda a las organizaciones en aumentar la eficiencia y reducir costos [1,2]. Antes de iniciar este proyecto fue importante revisar antecedentes de estudios previos sobre la implementación de Poka Yoke, en algunas empresas que presentan problemas similares, en donde estas buscaban aislar la causa raíz que generan los errores en sus procesos [3,4]. Se tomaron entonces algunas investigaciones como antecedentes en donde se observa la aplicación de estas herramientas que ha permitido la reducción de defectos, el aumento de la productividad. Dichos estudios respaldan la necesidad de implementar mejoras en los procesos de manufactura mediante Poka Yoke, donde se presentan atributos físicos para la detección de errores, la activación de ciertos dispositivos si después de cierto número constante de observaciones no se realiza una acción determinada, se activa algún mecanismo físico que indica la presencia del error, así como el uso de secuencias lógicas para los ensambles que deben ser respetadas, tanto por los operadores como las propias máquinas [5,6,7]. El objetivo general de este proyecto es reducir la cantidad de productos no conformes y aumentar la satisfacción de los clientes.

Se puede hacer mención que la ingeniería industrial tuvo sus inicios con los estudios de eficiencia realizados por Frederick Taylor, Frank y Lillian Gilbreth a inicios del siglo XX. En este tiempo, la ingeniería industrial se ha extendido en áreas como la Manufactura Esbelta, la gestión de la calidad y la optimización de procesos. El Poka Yoke es una herramienta para prevenir errores en la producción que pueden ser causados por los operadores o bien por el propio proceso [1], esto aunado con la importancia de eliminar desperdicios con Manufactura Esbelta (*Lean Manufacturing*) [2]. Se ha demostrado que la aplicación de estas metodologías mejora la calidad del producto, también incrementa la satisfacción del cliente y reduce costos operativos [3,4]. El concepto de Poka Yoke, se integra como una estrategia elemental en la prevención de errores en la producción industrial de acuerdo a lo que estableció Shigeo Shingo en la década de 1960 y el cual sigue vigente [8].

El Poka Yoke se alinea a la rama de gestión de la calidad y manufactura esbelta, se enfoca principalmente en eliminar desperdicios y defectos en los procesos productivos también garantiza la seguridad en el producto, así como en el propio proceso y los que intervienen en ello [9,10]. Forma parte del Sistema de Producción Toyota (TPS) también está vinculado a metodologías como el ciclo PDCA por su acrónimo en inglés (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), Seis Sigma y 5S la cual es una metodología para organizar y mejorar el trabajo que se debe realizar en 5 pasos, las anteriores buscan la mejora continua. La palabra "Poka Yoke" proviene del japonés

y significa "a prueba de errores". Busca eliminar defectos en los procesos mediante mecanismos físicos, que eviten e impidan la ocurrencia de errores humanos o de maquinaria [1].

Fue en la empresa TSC Ascensores E.I.R.L donde se realizó un trabajo con el objetivo de aumentar la productividad en sus procesos de pruebas de carga y control de calidad del modelo S3300, el cual es un componente en el sistema de frenos de emergencia para los elevadores industriales. Dado que existía un porcentaje elevado de ascensores cancelados y alto índice de re-inspección de control de calidad, para atender el problema se utilizó el ciclo de Deming. La implementación de herramientas Poka Yoke y 5's para mantener el orden y limpieza del almacén. Las herramientas utilizadas en dicha investigación y los resultados mostrados proporcionan una muestra de la eficacia en los procesos [5].

Dentro de la empresa BERAMED E.I.R.L se llevó a cabo el estudio aplicado y experimental de la productividad por la implementación de herramientas Poka Yoke. En 12 semanas, se realizó la recolección de datos para la muestra y el uso del programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) para los análisis estadísticos. Al ingresar la información al programa estadístico este arrojó información en donde se rechaza la hipótesis nula, deduciendo con ello que la implementación de la herramienta Poka Yoke sí ayudó a mejorar significativamente la productividad dentro de la empresa, específicamente en el área de producción hasta en un 44.01%. [11].

Camposol S.A., empresa dedicada al giro agrícola, mediante la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta, ellos plantearon el objetivo de reducir los costos operativos de la línea de producción, tomando como base los gastos del año 2017. La implementación incluyó Poka Yoke físicos e informativos, planes de capacitación y un rediseño del layout de la planta, de esta implementación resultó la reducción de gastos anuales significativos [12].

Para aumentar la eficiencia de una línea de producción en una empresa del giro alimenticio, se realizó una investigación para tomar la decisión de implementar herramientas como Poka Yoke y TPM (Mantenimiento Total Productivo). En donde se inició realizando un diagnóstico para identificar los principales desperdicios que generaba una de sus líneas de producción que es la que mayor problema generaba a la empresa, el enfoque de las herramientas a esta línea hizo que los indicadores de productividad de la empresa mejoraran [6].

Se realizó una investigación en una empresa dedicada a la industria del gas licuado de petróleo, en donde se menciona la importancia de la implementación de Poka Yoke para mejorar la eficiencia del proceso de envasado. Ya que se busca aumentar el proceso de envasado del gas, para finalmente implementar herramientas como 5's y Poka Yoke. Estas acciones, junto con estrategias para estandarizar procedimientos y disciplinar a los trabajadores, mejoraron el ambiente laboral y aumentaron la puntuación en las auditorías. La implementación de Poka Yoke y tarjetas de control de colores mejoró la precisión de estos procesos, resultando en beneficios económico [7].

En una empresa dedicada a la producción de explosivos se llevó a cabo una propuesta de implementación de herramientas Poka Yoke y Kaizen para la mejora de los procesos productivos, con la finalidad de observar de manera clara los resultados que se obtuvieron tras la medición de porcentaje de mermas en relación con el volumen de producción, el objetivo anual planteado para la empresa era de máximo 2%. Para el año 2022 la empresa supero el porcentaje a 4.54%. Después de la implementación de las mejoras, permitieron a la empresa mantener este índice y seguir avanzando en mejorar otras áreas [13].

Es importante mencionar que cualquier empresa que emplea correctamente el ciclo PDCA permite fomentar una cultura de aprendizaje y mejora continua dentro de la organización, el cual se centrará en evaluar y ajustar constantemente los procesos. Este proceso deberá iniciar realizando un diagnóstico para identificar fallas, después comparar planes con resultados, posteriormente ajustar medidas para eliminar problemas [14].

La implementación de Poka Yoke como una técnica de calidad en donde se le puede dar total crédito al ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960, se centra en la prevención de errores, de lo cual se garantiza que será imposible cometerlos, pues es vital diseñar procesos donde los errores sean fáciles de detectar o bien sean evitables, ya que cuando se evitan los errores, se logra una alta calidad y se minimiza el retrabajo, esto

genera en la empresa una cultura de prevención de errores y atención a los detalles por mínimos que sean. Esto conduce a una mayor satisfacción del cliente y a la reducción de costos [8].

Los KPI's (por sus siglas en inglés indicadores claves del desempeño) muestran datos cuantificables que facilitan la toma de decisiones, lo que evita basarse en suposiciones o intuiciones, de tal manera que permite a los directivos en cualquier organización utilizar datos reales para guiar sus estrategias y acciones. Los KPI's son herramientas fundamentales para la gestión empresarial efectiva, proporcionan una base sólida para medir el desempeño, tomar decisiones informadas, identificar problemas y oportunidades, así como alinear los esfuerzos organizacionales con los objetivos estratégicos [15].

En la publicación en COPLADEMUN del H. Ayuntamiento de Tlalnepantla, Morelos muestra los resultados con la aplicación de la metodología de solución de problemas en donde se mencionan herramientas y técnicas [16], como lo es la herramienta administrativa de los 5 porqués, utilizada para identificar las causas de los problemas [17].

La hoja de operación estándar por su parte indica varios aspectos que debe contener, como lo son los pasos importantes ordenados de manera lógica, puntos clave que el operador no debe pasar por alto, cuidando en todo momento su seguridad, la calidad del producto y los impactos ambientales que se puedan generar en el momento de estar operando, así como las ayudas visuales que no deben faltar en este tipo de documento con la finalidad de hacer más fácil y práctica su comprensión manejando un lenguaje universal [18].

Materiales y métodos

El presente estudio es una investigación aplicada y explicativa, pues busca resolver un problema industrial específico mediante la implementación de Poka Yoke generando una mejora en el proceso [19]. Por tal motivo se adoptó un enfoque cuantitativo, empleando herramientas estadísticas para medir la reducción de defectos en las piezas plásticas después de la implementación del Poka Yoke [20]. Además, el diseño del estudio es preexperimental de tipo antes-después, ya que se compararon los defectos en la producción antes y después de la intervención [21]. Para iniciar con la metodología en el proyecto, fue necesario previamente realizar una técnica de recolección de datos, la cual consistió en hacer observación directa al proceso, se utilizó una hoja de registro de los defectos, donde se documentaron las piezas NG (estas piezas no cumplen con la especificación del cliente) se identificaron mediante inspección visual, en este registro se documentó también la cantidad de piezas defectuosas antes y después de la implementación del Poka Yoke. Se realizó un muestreo aleatorio simple, que constaba en tomar piezas del proceso de producción al azar para una muestra representativa de los datos [21]. Posteriormente se definieron y midieron los KPI's (*Key Performance Indicators*), como los son el Índice de defectos y la tasa de cumplimiento de entregas en el lote 1, que fue la corrida inicial para el cliente, esta definición del indicador se realizó con la finalidad de conocer el estado actual de la situación y tener una referencia [15]. Otro aspecto importante a mencionar, es que fue necesario realizar el cálculo del tamaño de la muestra, dado que el estudio se aplica en una línea de producción en funcionamiento continuo, la población de piezas fabricadas es considerada infinita. En este caso, se utilizó la siguiente fórmula estadística para determinar el tamaño de la muestra [19] y se muestra en la ecuación 1.

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2} \quad (1)$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado

Z = 1.96 para un 95% de confianza, parámetro estadístico que depende del nivel de confianza.

p = 0.5 Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito), asumiendo distribución normal.

q = 0.5 Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado), asumiendo distribución normal.

e = 0.05 Error de estimación máximo estudiado

A continuación, se enlistan 4 pasos que se realizaron como metodología en este proyecto para la implementación de Poka Yoke alineados y con ayuda del PDCA en esta empresa:

1. Para comenzar con la etapa de *Programación del proyecto*, se definirá la causa raíz del problema, mediante la herramienta de los 5 Por Qué. Un ingeniero industrial debe utilizar herramientas estadísticas, como las pruebas de hipótesis, que son importantes para la evaluación de los resultados, así como un diagrama de Gantt para la programación del proyecto.
2. En la etapa de *Realización de lo planificado* servirá como retroalimentación para la siguiente fase.
3. En la etapa de la *Comprobación de lo planeado* se tomará en cuenta todas las observaciones realizadas en la etapa anterior para corregir o mejorar lo que ya se hizo. Aquí también se definirán los indicadores de rendimiento y el tamaño de la muestra para la comprobación de los resultados.
4. En la etapa de las *Medidas de control* ayudarán a que lo implementado perdure.

Finalmente, se evaluarán los resultados de todo lo implementado. Estos resultados se presentarán utilizando herramientas de interpretación que faciliten al lector la comprensión de todo lo que se llevó a cabo en el proyecto. Es en este punto donde se le dará seguimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados en un inicio [14].

I. Desarrollo, Programación del proyecto. Para identificar la causa raíz del problema, se utilizó la herramienta de los 5 Por Qué [16]. Esta técnica permite analizar problemas a profundidad a través de preguntas sucesivas que llevan a la causa fundamental del defecto. Tal como se muestra en la Figura 1.

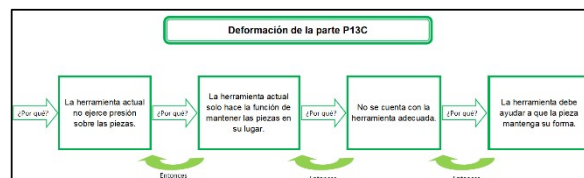


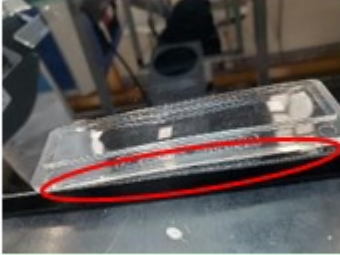

FIGURA 1

5 por qué.

Fuente: propia.

Después de estar de acuerdo con el total del equipo se definió una solución propuesta que consistió en el diseño de un Poka Yoke en forma de jig metálico, con separadores de distancia para garantizar la correcta colocación y estabilidad de las piezas durante el proceso de horneado. La magnitud de la deformación era tal, que las piezas ya no cumplían con los estándares de calidad como lo son las especificaciones exigidas por los clientes, lo que resultaba en la eliminación de estas piezas defectuosas conocidas en la empresa como piezas “NG”. Fue esta repetida incidencia de piezas no conformes lo que alertó sobre la existencia de un problema crítico en el proceso de fabricación, desencadenando así la necesidad de una intervención inmediata. El método de evaluación utilizado para definir cuando una pieza es NG es por atributos, se hace uso de un cristal por el cual se deben de pasar todas las piezas que salen del horno, el operario recuesta la pieza y si tiene movimiento verticalmente se considera NG, si por el contrario todo el cuerpo está en contacto con el cristal pasa al siguiente proceso. El cristal utilizado es templado y para que sea más fácil de identificar si la pieza es NG se toma la decisión de pintar el cristal con un fondo negro para que no se pierda la pieza. Esto en el tema práctico ayudara a definir si la pieza PASA o NO al siguiente proceso. Ver Tabla 1.

TABLA 1
Comparativa de pieza NG y pieza OK.

Pieza NG	Pieza OK
	
<p>La parte central de la pieza no toca el cristal</p>	<p>Toda la pieza está en contacto con el cristal</p>

Fuente: propia.

Con esta situación el equipo planteó la Hipótesis del proyecto, ya que es importante establecer una hipótesis siempre al inicio del proceso, pues esto ayuda a tener un enfoque claro para alcanzar los objetivos y resultados inicialmente establecidos. De tal manera que el impacto de la herramienta Poka Yoke reduzca la cantidad de producto no conforme en el área de pintura de la empresa objeto de estudio, se plantea: H0 (hipótesis nula): El impacto de la herramienta Poka Yoke reduce la cantidad del número de piezas defectuosas igual a 0%. H1 (hipótesis alternativa): El impacto de la herramienta Poka Yoke reduce la cantidad del número de piezas defectuosas que es mayor de 0%.

II. *Realización de lo planeado.* Se propone la creación de parrillas de aluminio convencional (jig por sus siglas en inglés) que es una plantilla personalizada diseñada específicamente para acomodar las piezas del modelo P13C, en la cual se tiene la función de guiar y controlar el movimiento de las piezas. Estas parrillas se fabricarán con medidas verticales que coincidan con las dimensiones de la pieza y un ancho que permita acomodar hasta 5 piezas en posición horizontal. Además, para maximizar la eficacia de este sistema, se repetirá esto verticalmente y así poder acomodar más piezas. El propósito de diseñar este jig con este material, es para que puedan empalmarse unas con otras y el peso ayude a ejercer presión sobre las piezas, evitando la deformación. Todo el material fue lijado y limpiado antes de ser ensamblado para asegurar que las piezas no se contaminen o sufran de algún daño a causa del mal estado del material con el que están hecho el jig.

Tomando en cuenta las dimensiones de cada pieza y de acuerdo con la idea que ya se tenía de poder acomodar varias piezas, se planea que el jig tengan las siguientes dimensiones y características, como se muestra en la Figura 2 y en la Tabla 2.

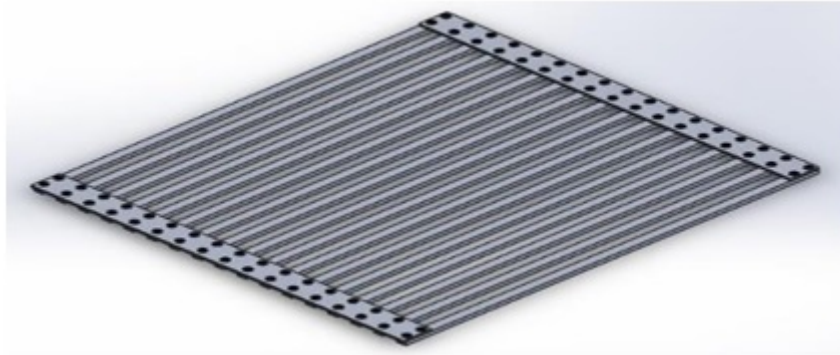


FIGURA 3
Diseño definitivo de Poka Yoke.
Fuente: propia.

Al tener el diseño definitivo de Poka Yoke fue necesario iniciar con la toma de la muestra. Las piezas del modelo P13C que es nuestro objeto de estudio, en este momento se fabrica todos los días por los tres turnos que maneja la empresa, por lo tanto, se determina como una población infinita. Para maximizar la exactitud de los resultados en este estudio, las muestras se tomaron de forma aleatoria calculando su tamaño según Fórmula 1. Dado que se supone una distribución normal, se utilizará un nivel de confianza del 95%, lo que corresponde a un valor Z calculado de 1.96. Dado que el proyecto es nuevo y no existen datos históricos disponibles, se asumirá que tanto la probabilidad # como # son del 50%, lo que implica una probabilidad igual de que ocurran ambos eventos. Si se sustituyen los valores de la ecuación 1 se obtendrá el siguiente resultado:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2} = 384.16 \approx 384 \text{ unidades}$$

Por otro lado, al determinar los indicadores claves de desempeño KPI's del proyecto, para poder medir el alcance de la mejora implementada, se planteó el uso de dos KPI, los cuales fueron el Índice de piezas defectuosas y la Tasa de cumplimiento de pedidos [15].

Se aplica para este estudio en Índice de piezas defectuosas: la cual evalúa la proporción de unidades defectuosas en comparación con el total de unidades fabricadas como se describe en la ecuación 2 a continuación:

$$\left(\frac{\text{Número de piezas defectuosas}}{\text{Total de piezas producidas}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Se propone calcular la Tasa de cumplimiento de pedidos: este indicador mide la proporción de pedidos completados y entregados a tiempo para el cliente y está en relación con el total de pedidos recibidos. Este KPI deberá evaluar la capacidad de la empresa para satisfacer la demanda sin dejar pedidos pendientes, a continuación, se presenta la ecuación 3 para el cálculo correspondiente.

$$\left(\frac{\text{Número de pedidos entregados a tiempo}}{\text{Número total de pedidos}} \right) \times 100 \quad (3)$$

IV. Medidas de control. Para lograr que el jig puedan ejercer presión sobre las piezas de plástico y evitar que se deformen durante el horneado, se diseña una plataforma de soporte. Esta plataforma actúa como base sólida y contará con varillas de aluminio en los costados para facilitar el apilamiento seguro de hasta 10 parrillas. La base tiene un tamaño adecuado para soportar el peso combinado de las parrillas y asegurar que todas las piezas de plástico reciban la presión necesaria, vea Figura 4.



FIGURA 4
Plataforma para apilar los jig's.
Fuente: propia.

El diseño de los jig's es resistente, sin embargo, cuenta con partes que con el tiempo pueden tener desgaste, una de estas partes son los tornillos que sujetan a las varillas horizontales. El plan de mantenimiento es revisar semanalmente que no falte ningún tornillo y al menos una vez cada mes apretar los tornillos y limpiar con un trapo húmedo cada herramienta realizando una inspección visual y registrándola en un formato que se describe en la Tabla 3.

TABLA 3
Control de mantenimiento de los jig's.

Programa de mantenimiento para Poka yoke							
Numero de parte		969P27LFOA					
Modelo de parte		PI 3C					
Nombre de la parte		LEN SIND					
Proceso		Inyección / Anear					
Número de jig	¿Cuenta con todos los tornillos?			Apretar tornillos	Limpieza	Realizó	Verificó
	Si	No	Faltan:				
A							
B							
C							
D							

Fuente: propia.

Resultados y discusión

Los resultados se obtuvieron siguiendo la metodología previamente planteada (ver Materiales y Métodos). Esta metodología se enriqueció con la aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta. La integración de estos conocimientos no sólo optimizó el proceso de investigación, sino que también destacó la importancia de la mejora continua y la eficiencia en el entorno industrial. Lo propuesto se menciona en los objetivos específicos, así como en el planteamiento de la hipótesis, que fueron fundamentales para mantener un enfoque siempre claro del proyecto. A continuación, se muestra en la Figura 5, tres lotes diferentes con el tamaño de su muestra respectivamente en donde se aprecia a través del transcurso de los meses como fue bajando el nivel de piezas NG desde que se inició la producción del modelo estudiado (P13C).

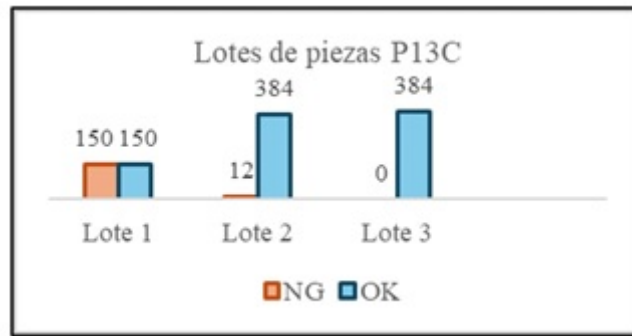


FIGURA 5
Gráfico de toma de muestras.
Fuente: propia.

- El lote 1 fue enviado al cliente en el mes de enero del 2024 en donde se produjeron 300 piezas totales, de las cuales 150 piezas fueron OK (piezas dentro de las especificaciones que marca el cliente) y 150 piezas son NG: en este punto aún no se tenía conciencia del problema.
- El lote 2 producido durante el mes de febrero del 2024: producto manufacturado con los primeros prototipos Poka Yoke, dónde se obtuvo que de 384 piezas de muestra (ver el apartado Toma de la muestra) solo 12 piezas son NG por deformidad.
- El lote 3 producido durante el mes de mayo del 2024: producto manufacturado con Poka Yoke de diseño definitivo, ayudado por las bases creadas y después de capacitar al personal para el buen uso de estas herramientas. Se destaca especialmente en este lote la efectiva implementación de estas herramientas de Manufactura Esbelta, evidenciada por la inspección de 384 piezas de muestra de la producción, ninguna de las cuales presentó deformidades.

Para evaluar con mayor claridad el impacto de la metodología aplicada, se consideran los lotes 1 y 3 en el cálculo del índice de piezas defectuosas. Los indicadores claves de desempeño como este son fundamentales para medir la efectividad de las prácticas implementadas.

El índice de piezas defectuosas se muestra a continuación :

Lote 1:

$$\left(\frac{150}{300}\right) \times 100 = (0.5) \times 100 = 50\%$$

Lote 3:

$$\left(\frac{0}{384}\right) \times 100 = (0) \times 100 = 0\%$$

La implementación de la herramienta Poka Yoke y otras medidas redujeron completamente al 0% el número de piezas defectuosas por planicidad. Esto representa un aprovechamiento total de los recursos, a diferencia del lote 1 donde se desperdiciaron 1,350 USD. Se confirma que la implementación del Poka Yoke permitió un cumplimiento del 100% de los pedidos, eliminando retrasos por defectos.

De tal manera que a partir del siguiente mes de la implementación del Poka Yoke se comienzan a cumplir en un 100% los pedidos en lotes de 504 piezas con cero piezas defectuosas como se muestra en la Tabla 4, referente a la Tasa de cumplimiento de pedidos.

TABLA 4
Datos de pedidos entregados a cliente.

Fecha	Pedidos planificados	Pedidos entregados	Cumplimiento (%)
03/junio/2024	504	504	100%
05/junio/2024	504	504	100%
07/junio/2024	504	504	100%

Fuente: propia.

Mes de junio:

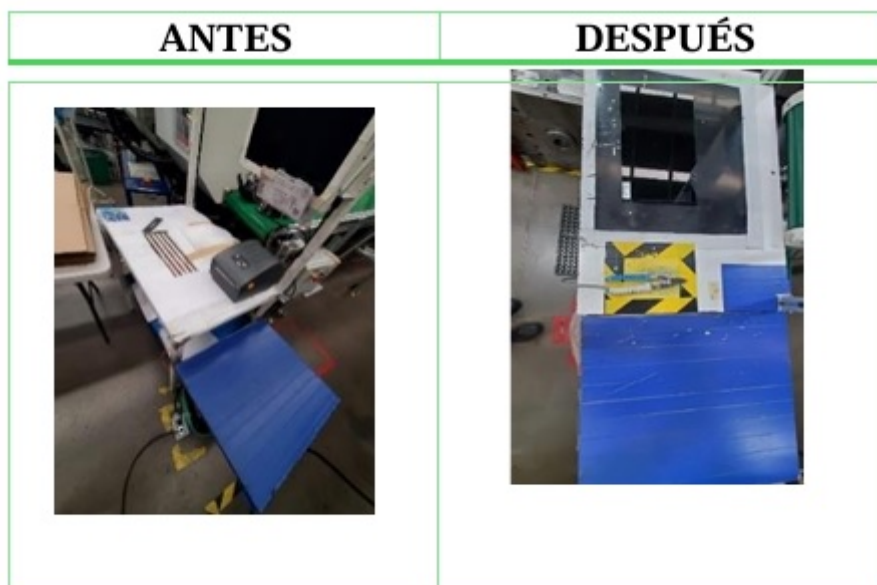
$$\left(\frac{3}{3}\right) \times 100 = (1) \times 100 = 100\%$$

El lote 1 que se envió se produjo por un total de 300 piezas. Este índice demuestra cómo la implementación de las herramientas influyó para mejorar la calidad, también impulsó al incremento de la demanda dando confianza al cliente, agregando hasta 204 piezas adicionales entregadas en tiempo y forma. Un lote de 504 piezas representa una venta de 4,536 USD para la empresa, así como una buena relación con el cliente.

Con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento y cuidado del jig, se realizó una capacitación detallada a todo el personal que estará manipulándolo todo el tiempo. Durante esta capacitación, se les explicó la función y el manejo adecuado dentro del proceso, asegurando así su correcta utilización y minimizando el riesgo de incidentes.

Como parte de la capacitación se trabajó en paralelo con la metodología de las 5's, promoviendo un entorno de trabajo organizado y seguro para los trabajadores. Vea Tabla 5.

TABLA 5
Antes y después de 5's.



Fuente: propia.

Esta implementación se vio reflejada en su mayoría en el área donde se inyecta la parte, se documentó esta actividad en hoja de operación estándar (HOE), la cual ha facilitado la capacitación de nuevos empleados, esta a su vez proporciona una guía clara y detallada de cada paso del proceso. Esto reduce los errores en el producto ocasionados por los trabajadores, como se muestra en la Figura 6.

FIGURA 6

Hoja de Operación Estándar del proceso de prueba de calidad por deformidad del modelo P13C.

Fuente: propia.

La estandarización del proceso aseguró que la solución fuera sostenible a largo plazo.

Conclusiones

Los resultados demuestran en este estudio que la implementación de un Poka Yoke, en forma de jig metálico, eliminó completamente los defectos por deformación en el proceso de pintura del modelo P13C.

Con base en los datos del lote 3 que se produjo en el mes de mayo, en donde se obtuvo cero defectos se confirma que:

No se rechaza la hipótesis nula (H0): La implementación del Poka Yoke permitió reducir la cantidad de piezas defectuosas a 0%.

Se eliminó la pérdida económica de \$1,350 USD por defectos con respecto al lote inicial, incrementando con esta medida un 29.76% para llegar a un beneficio final en venta de \$4,536 USD con 504 piezas.

Se incrementó la productividad y cumplimiento de pedidos, alcanzando un 100% de entregas a tiempo.

Se mejoraron las condiciones del área de trabajo, con una aplicación efectiva de 5S y estandarización de procesos con las hojas de operación estándar.

La metodología empleada, fue creada por el equipo de trabajo y a los autores de este reporte, conformada a partir de múltiples herramientas de Manufactura Esbelta. Esta metodología puede ser utilizada en investigaciones futuras que conlleven a problemas similares o que se requieran obtener resultados similares.

Agradecimientos

Este proyecto no habría sido posible sin la colaboración y apoyo de diversas personas y entidades. A Cecilia López Rodríguez y al equipo de producción especialmente a Rosa María Martínez, así como a Nancy Guzmán, por su compromiso y esfuerzo en la implementación de la mejora. A Marcos Martínez Romero y Francisco Iram Jáuregui Pérez, por su orientación y asesoría en el desarrollo de la metodología. A la empresa

Sakaiya de México, por abrir sus puertas y confiar en este proyecto, permitiendo su aplicación en un entorno real. Gracias a todos los involucrados por su dedicación y trabajo en equipo, que permitieron lograr estos resultados exitosos.

Referencias

- [1] Shingo, S. (1986). Control de calidad cero: Inspección en la fuente y el sistema Poka-Yoke. Productivity Press.
- [2] Ohno, T. (1988). Sistema de producción Toyota: Más allá de la producción a gran escala. Productivity Press.
- [3] Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Pensamiento esbelto: Eliminar el desperdicio y crear riqueza en su corporación. Simon & Schuster.
- [4] Liker, J. K. (2004). El camino Toyota: 14 principios de gestión del mayor fabricante del mundo. McGraw-Hill.
- [5] Avilez Avellaneda, J.J. (2022). Aplicación de la herramienta Poka Yoke – 5S para la mejora de la productividad en el proceso de pruebas de carga y control de calidad en ascensores del modelo S3300 en la empresa TSC Ascensores. Repositorio Institucional UPN.
- [6] Lagos Lino, M. E., & Nishizawa Arellano, K. L. (2023). Modelo de mejora empleando Poka-Yoke, Centerlining y TPM para incrementar la eficiencia de una línea de producción en una empresa de alimentos. Repositorio Académico UPC.
- [7] Moscoso Durand, D. W., & Chávez Estrada, R. M. (2023). Mejora en la eficiencia del proceso de envasado en una empresa comercializadora de GLP aplicando 5S, Poka Yoke y Estandarización de trabajo. Repositorio Académico UPC.
- [8] Torres, J., Vázquez, J., Castillo, F., Contreras, E., Urzúa, R., & Beltrán, G. (2011). Sistema Poka-Yoke. Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos.
- [9] Imai, M. (1986). Kaizen: La clave del éxito competitivo de Japón. Random House Business.
- [10] Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). La caja de herramientas Lean: La guía esencial para la transformación Lean. PICSIE Books.
- [11] Soliz Cadillo, C. J. (2018). Implementación de la herramienta Poka Yoke para mejorar la productividad en el área de producción en la Empresa Beramed E.I.R.L., Comas. Universidad César Vallejo.
- [12] Leroy, B. G. Propuesta de implementación de lean manufacturing para disminuir los costos operativos en la línea de proceso de arándano fresco en la empresa Camposol S. A. Repositorio Institucional UPN.
- [13] Chuco Gerónimo, T. A. y Tarazona Marañón, H.R. (2023). Propuesta de mejora para la reducción de mermas en una empresa de fabricación de explosivos aplicando Poka Yoke y Kaizen. Repositorio Académico.
- [14] Castillo Pineda, L. (2019). El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realizar el potencial administrativo. Universidad Militar Nueva Granada.
- [15] Office of Government Commerce. (2010). Mejora continua del servicio. Stationery Office.
- [16] Montañez, S. D. V., & Galarza, Z. V. (2023). La ingeniería administrativa como herramienta para identificar retos y oportunidades organizacionales. REVISTA IPSUMTEC, 6(4), 15-23.
- [17] Ballesteros, L. (2014). La técnica de los 5 porqués. Revista de Negocios, 9(1), 23-28.
- [18] García Sabater, J. P., & Juan, G. S. J. (2020). Introducción a la Mejora Continua.
- [19] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.
- [20] Montgomery, D. C. (2017). Diseño y análisis de experimentos (2ª ed.). Limusa Wiley.
- [21] López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2017). El diseño de la muestra. En P. López-Roldán y S. Fachelli, Metodología de la Investigación Social Cuantitativa. Bellaterra. (Cerdanyola del Vallès): Dipòsit Digital de Documents, Universitat Autònoma de Barcelona.



Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94482151008>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la
academia

Néstor Gustavo Adame-Pacheco, Cecilia López-Rodríguez,
Francisco Iram Jáuregui-Pérez

**Implementación de Poka Yoke para Prevenir
Deformaciones en el Proceso de Pintura
Implementation of Poka Yoke to Prevent Deformations in
the Painting Process**

Conciencia Tecnológica

núm. 68, p. 81 - 93, 2024

Instituto Tecnológico de Aguascalientes,

ISSN: 1405-5597