

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA POKA-YOKE PARA ENSAMBLE DE SELLO EN BOMBA PARA DIRECCIÓN HIDRÁULICA

IMPLEMENTATION OF A POKA-YOKE SYSTEM FOR PUMP SEAL ASSEMBLY FOR HYDRAULIC STEERING

Osvaldo Alejandro Moreno Castillo

Tecnológico Nacional de México / IT de Matamoros, México
alejandroc Castillo060895@gmail.com

Lucio Orozco Guerrero

Tecnológico Nacional de México / IT de Matamoros, México
lucio.og@matamoros.tecnm.mx

Citlalin Aurelia Ortiz Hermosillo

Tecnológico Nacional de México / IT de Matamoros, México
citlalin.oh@matamoros.tecnm.mx

San Juan Méndez Macias

Tecnológico Nacional de México / IT de Matamoros, México
sanjuan.mm@matamoros.tecnm.mx

José Alberto Vázquez Romero

Tecnológico Nacional de México / IT de Matamoros, México
jose.vr@matamoros.tecnm.mx

Recepción: 30/octubre/2020

Aceptación: 27/noviembre/2020

Resumen

Con este diseño se espera contribuir a la disminución de las garantías en la línea de producción Domestic Power Steering (DPS), con el objetivo de reducir los efectos de la variación de presión en el ensamble del sello de la bomba del sistema de la dirección hidráulica para diferentes modelos en una empresa automotriz de la región. En la primera fase se realizó un análisis para encontrar la causa de la falla y determinar las razones de las variaciones de presión en el proceso y su impacto en el sistema de producción. En la segunda fase se diseñó, fabricó e implementó el sistema Poka-Yoke con el cual se espera contribuir a la disminución de estas garantías en un 30%. Con este, se eliminará la variación de la presión del equipo al

momento del ensamble, se aumentará la seguridad para el operador, obteniendo resultados satisfactorios en el producto final.

Palabras Clave: Ensamble, Implementación, Poka-Yoke, Sello, Variación de presión.

Abstract

This design is expected to contribute to the reduction of warranties in the Domestic Power Steering (DPS) production line, with the aim of reducing the effects of pressure variation in the hydraulic steering system pump seal assembly. for different models in an automotive company in the region. In the first phase, an analysis was carried out to find the cause of the failure and determine the reasons for the pressure variations in the process and their impact on the production system. In the second phase, the Poka-Yoke system was designed, manufactured and implemented, with which it is expected to contribute to the reduction of these guarantees by 30%. With this, the variation in the pressure of the equipment at the time of assembly will be eliminated, the safety for the operator will be increased, obtaining satisfactory results in the final product.

Keywords: Assembly, Implementation, Poka-Yoke, Seal, Pressure Variation.

1. Introducción

Se La re-manufactura de partes automotrices es un mercado que se está incrementando cada vez más, algunas empresas que lo realizan tratan de garantizar al máximo su producto, buscando procedimientos que les permitan su rentabilidad y con esto bajando el índice de rechazos por el cliente final. Al observar el mercado del área automotriz, se percata la importancia de los modelos actuales que se procesan y que el mercado necesita, dado que al pasar el tiempo algunos automóviles se vuelven obsoletos por la creación de nuevos diseños. En una empresa de re-manufactura, las partes automotrices de algunos estilos dejan de ser un modelo de alta venta a ser un modelo de uso obsoleto o de una demanda muy escasa, por ello la importancia de estar actualizados con el mercado en el remanufacturado de las unidades de mayor demanda. El área de DPS de la

empresa cuentan con una producción elevada, por lo cual, al recuperar y producir la cantidad de piezas necesarias, contra un alto grado de requerimientos, genera pérdidas económicas.

Las devoluciones de producto debido a fallos inesperados generan costos para las compañías. Más aún, si el productor ofrece un periodo de garantía y la tasa de devoluciones es alta durante este periodo, estos costos se incrementan de manera considerable. Las garantías son consideradas como seguros para los clientes con la finalidad de cubrir fallos inesperados; de igual manera, las compañías ofrecen las garantías como una herramienta para incrementar la competitividad, especialmente para aquellas dedicadas a la producción de bienes duraderos como los automóviles [3]. El problema principal es la gran cantidad de garantías por fuga que tiene que cubrir la empresa al cliente final. Esto se debe al proceso incorrecto en el ensamble del sello, el equipo utilizado para esta operación es llamado *Seal Press*, el cual no cuenta con ningún tipo de dispositivo para regular su presión, puesto que cada unidad es ensamblada con una presión diferente, algunas hasta por debajo del rango especificado. Para abordar este problema se utilizó un *Poka-Yoke* herramienta procedente de Japón que significa “a prueba de errores”. Lo que busca esta forma de diseñar los procesos es eliminar o evitar equivocaciones, ya sean de origen humano o automatizado. Este sistema se puede implementar también para facilitar la detección de errores. Los *Poka-Yokes* ayudan a minimizar este riesgo con medidas sencillas y baratas [3]. El objetivo del proyecto es integrar un sistema *Poka-Yoke* que evite el ensamble incorrecto del sello que se encuentra en la flecha de la bomba para así reducir la cantidad de garantías por este defecto a un 30%.

2. Métodos

La metodología aplicada cuenta con las etapas (Figura 1) siguientes:

- **Análisis de piezas para encontrar modo de fallo.** Para encontrar la causa del problema en la línea de DPS se realizaron pruebas de ensamble con varios métodos y distintas especificaciones, debido a la alta variación de la presión en el equipo se decidió hacer los ensambles a 80, 40 y 10 psi (0.55, 0.27 y 0.068 MPa) para ver los efectos de cada unidad:

- ✓ Ensamble a 80 psi: El sello sienta correctamente en el área, al pasar la unidad a la prueba de funcionamiento a 1000 rpm no se detectan fugas.
- ✓ Ensamble a 40 psi: El sello sienta hasta abajo, queda ligeramente saltado, al pasar a la prueba de funcionamiento a 1000 rpm se detecta una pequeña fuga por la parte interior del sello.
- ✓ Ensamble a 10 psi: El sello solamente sienta un 60% aproximadamente, al someter la unidad a 1000 rpm se detecta una fuga de líquido abundante.

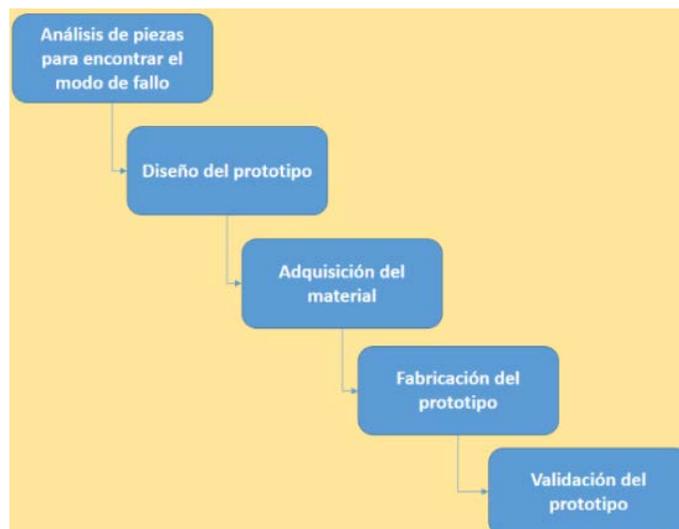


Figura 1 Metodología empleada.

Al comparar los resultados de cada prueba se llegó al acuerdo de crear un Poka-Yoke electrónico para eliminar la variación de la presión en el equipo que es ocasionada por parte del operador.

- **Diseño del prototipo.** De acuerdo con el análisis de los resultados de las pruebas, se elaboró el diseño del Poka-Yoke. Para ello se agenda una junta, en ella se dieron a conocer las condiciones que tiene que cumplir el prototipo al incorporarlo a la Seal Press:
 - ✓ Al presionar las dos botoneras de palma el vástago del cilindro deberá bajar.

- ✓ El vástago se deberá quedar en su posición actual al liberar las botoneras de palma.
- ✓ Al cumplir los 80 psi de presión en el sistema el vástago deberá regresar a su posición inicial, de lo contrario permanecerá extendido en el área de ensamble.
- ✓ El ciclo solamente iniciara si existe una pieza en la cabina de ensamble.

Después de analizar las condiciones se decidió que las primeras tres pueden cumplirse de manera eléctrica con un PLC, por otro lado, la numero cuatro neumáticamente. Para automatizar el Poka-Yoke con el PLC se construyó un panel con los siguientes componentes, figura 2:

- ✓ Un PLC.
- ✓ Fuente de poder a 24 V.
- ✓ Interruptor de presión.
- ✓ Interruptor Clippard.
- ✓ Válvula electroneumática.



Figura 2 Panel armado.

Se procedió a desarrollar el diagrama de escalera del prototipo, para cumplir las condiciones, este está formado por dos entradas, la primera es para

recibir la señal de un interruptor *Clippard* que al presionar las dos botoneras de palma este es activado de manera neumática y envía la señal de manera eléctrica, en la segunda entrada se recibe la señal de un interruptor de presión al llegar a los 80 psi. En cuanto a las salidas, utilizamos tres, la primera es para activar la válvula electroneumática y hacer que el vástago avance, la segunda se activa al llegar a los 80 psi, regresando el vástago a su posición inicial, la tercera salida es para un led accionado al cumplir de igual manera con los 80 psi, figura 3.

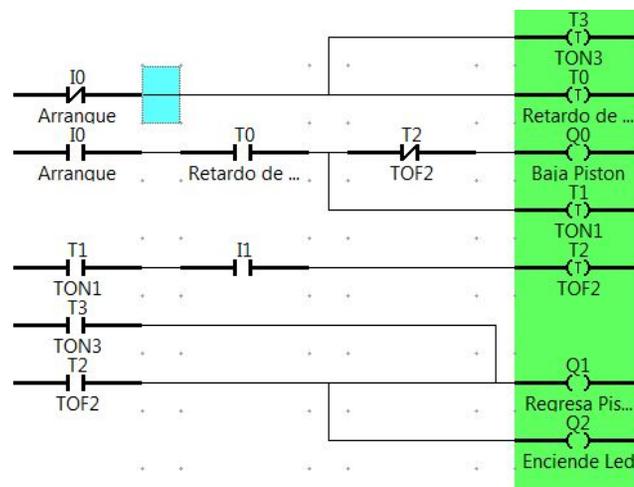


Figura 3 Diagrama de escalera para el prototipo.

- Adquisición del material.** Para llevar a cabo este proyecto se tienen que integrar 10 prototipos en las distintas líneas de producción de *Power steering*. Llegamos al acuerdo de hacer la compra de componentes únicamente para el primer prototipo, esto es para evaluar al equipo y ver qué resultados se obtienen. De acuerdo con los resultados se decidió si se replica el equipo a las demás líneas o se le hacen mejoras antes de replicar. La lista de componentes es la siguiente:
 - ✓ Gabinete metálico 300x300x150 mm.
 - ✓ PLC Omron, permite la facilidad de crear un diagrama de escalera en el display integrado en el equipo.
 - ✓ Fuente de poder 24 V.

- ✓ Interruptor Clippard.
 - ✓ Interruptor de presión.
 - ✓ Válvula electroneumática 5/3. (necesaria para cumplir las condiciones del prototipo, avance de pistón al presionar los botones de palma, reposo de pistón en caso de soltar los botones antes de llegar a los 80 psi y retroceso de pistón al cumplir con los 80 psi).
 - ✓ Rollo de cable negro calibre 18.
 - ✓ Rollo de cable azul calibre 18.
 - ✓ Clavija para 110 V.
 - ✓ Cable de uso eléctrico para 110 V.
- **Fabricación del prototipo.** La integración del prototipo en la línea de producción se realizó durante el segundo descanso de los operadores de esta, el cual es de 30 minutos, tiempo suficiente para colocar el panel en la estación de la operación, conectarlo al equipo *Seal Press* mediante mangueras que van de la válvula de alimentación neumática, a la válvula electroneumática 5/3 y al cilindro actuador de doble efecto con manómetro, figuras 4, 5 y 6.

Después de incorporarlo por completo, se realizaron pruebas de funcionamiento cumpliendo las condiciones del proyecto para que el operador interactúe con el prototipo, figura 7.

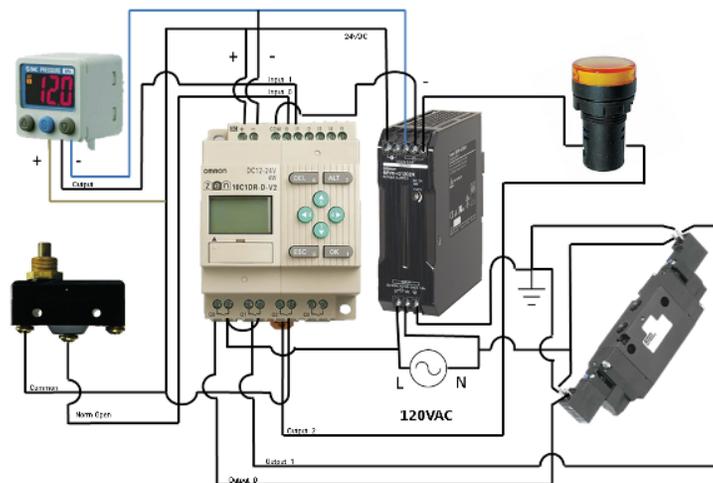


Figura 4 Diagrama eléctrico.

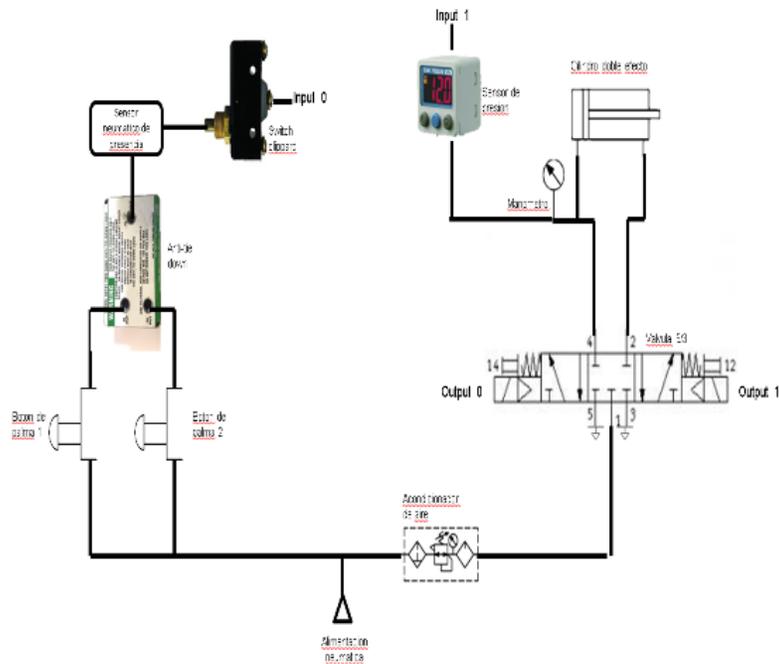


Figura 5 Diagrama neumático.



Figura 6 Equipo integrado.



Figura 7 Prueba de funcionamiento.

- **Validación del prototipo.** Una vez finalizada la instalación, se dejó a prueba con el operador, para obtener datos de los posibles detalles, a corregir por calidad, mantenimiento, manufactura, producción, producto y seguridad. Durante la demostración del funcionamiento del prototipo, se observó que después de unos minutos el equipo se queda en reposo y el pistón se cae, al notar eso, el departamento de seguridad quedo inconforme por la posibilidad

de que suceda algún accidente. Para tener la aprobación de todos los departamentos fue necesario modificar en ese mismo instante el diagrama de escalera del equipo, agregando un *timer* (Contador) para llevar a cabo una condición de mantener activa la válvula 5/3 para el retroceso del vástago después de 2 minutos de reposo.

Después de lo anterior, los resultados fueron satisfactorios ya que todas las pruebas cumplieron con la condición principal del *Poka- Yoke* y el problema de fugas quedo eliminado.

3. Resultados

Garantía es el número de piezas fallas o rechazados durante el periodo de garantía que en este caso es de 6 meses, está dada por ecuación 1.

$$\% RW = \frac{[DPSP_{an} - DPSP_{ac}]}{DPSP_{an}} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

RW : Reducción de garantías.

$DPSP_{an}$: Piezas dirección hidráulica anteriores (Domestic Power Steering Pieces).

$DPSP_{ac}$: Piezas dirección hidráulica actuales (Domestic Power Steering Pieces).

Se determinó que se requiere un mínimo de 80 psi para evitar las fugas por mal ensamble de sello, como se ve en figura 8.

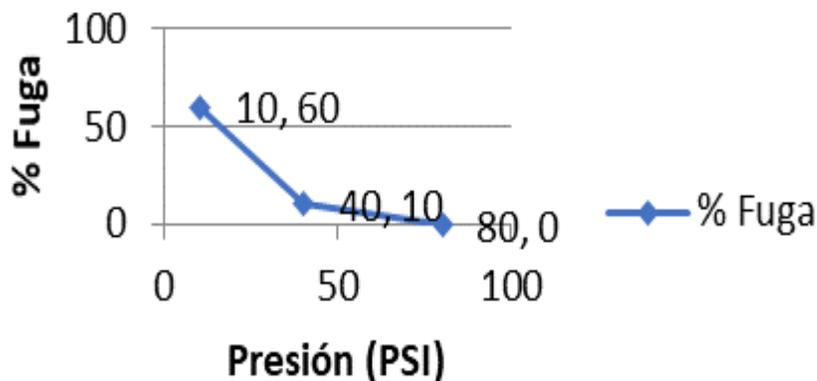


Figura 8 Porcentaje de Fuga vs presión.

En la figura 9, los DPSP en cuestión son de color azul y MTD es el acumulado en ago18. Así que el % de reducción de garantías entre mar18 y jul18 es de 40.2%, por debajo de la meta propuesta del 30%, lo cual confirma que nuestro proyecto supero el objetivo propuesto, como se muestra en la ecuación 2.

$$\% RW = \frac{[DPSP_i - DPSP_f]}{DPSP_i} \times 100 \quad (2)$$

Dónde:

RW : reducción de garantías.

$DPSP_i$: (Domestic Power Steering Pieces) piezas de dirección hidráulica iniciales.

$DPSP_f$: (Domestic Power Steering Pieces) piezas de dirección hidráulica finales.

4. Discusión

Con la aplicación metodología mencionada y descrita, fue posible la reducción de tasa de devoluciones, gracias al sistema Poka-Yoke se mejoró la colocación del sello, optimizando los rangos en la línea de producción establecidos por los participantes.

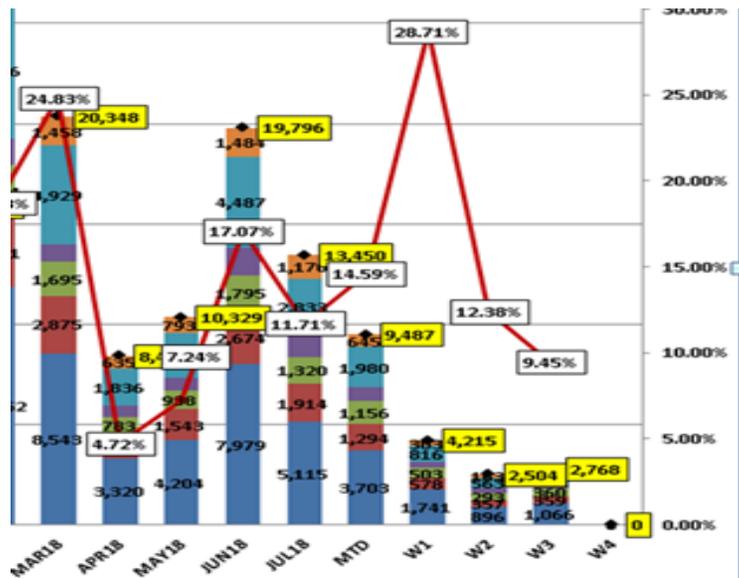


Figura 9 Monitoreo de garantías de mar18 a ago18.

5. Conclusiones

De acuerdo con el monitoreo de pruebas y después de implementar el sistema *Poka-Yoke* para la regulación de presión en el ensamble del sello, se redujo un 40.2% en la tasa de devoluciones durante el periodo de garantía de la reparación de la bomba hidráulica. Los resultados muestran que todas las unidades bajo evaluación, con el sistema propuesto, quedaron con el sello colocado correctamente, es decir con la presión dentro del rango establecido en las especificaciones del departamento de calidad y el cliente. Se determinó el valor de 80 psi (0.55 MPa), por lo que el sistema fue aprobado y autorizado para implementarse en la línea de producción.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Aaronson, S., *Style in Scientific writing current contents* N° 2, 10 pág. 6-15, 1977. Casey B. (2000 – 2013). The anatomy of hydraulic vane pump failure. 15/mayo/2018: <http://www.hydraulicssupermarket.com/vane-pump.html>.
- [2] DeCroix, G. (1999). "Optimal warranties, reliabilities and prices for durable goods in an oligopoly". *European Journal of Operational Research*, Vol. 112, No. 3, pp 554-569.
- [3] González G.R., Bernal J.J. (2012) POKA-YOKE diseño a prueba de errores. 20/mayo/2019. <https://www.pdcahome.com/poka-yoke/>.
- [4] *Hydraulics & Pneumatics*, (2012) *Engineering Essentials: Fundamentals of Hydraulic Pumps*: 20/junio/2018: <http://www.hydraulicspneumatics.com/200/>.