



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO E
IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS DE
PRODUCCIÓN AJUSTADA EN UNA
EMPRESA METALMECÁNICA PROVEEDORA
DE PRIMER NIVEL DEL SECTOR DEL
AUTOMÓVIL (TENNECO AUTOMOTIVE
IBÉRICA)**

AUTOR: JUAN CARDONA PEYDRO

TUTOR: JULIO JUAN GARCÍA SABATER

Curso Académico: 2014-15

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la empresa Tenneco la oportunidad que me han brindado de realizar este trabajo con ellos y en especial a mi tutor en la empresa Néstor Rodríguez quien fue mi guía en la primera toma de contacto con esta jungla llamada mundo laboral.

Mención especial merecen mi familia, mis compañeros de curso y mis colegas del F, sin todos ellos este camino de 4 años de carrera se hubiese hecho mucho más cuesta arriba.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

RESUMEN

El presente trabajo aborda el problema que surgió en la empresa Tenneco Automotive Ibérica en la línea de producción de un producto nuevo a nivel mundial, las válvulas electrónicas. El alcance del trabajo va desde el estudio previo del contratiempo, analizando las posibles vías de actuación, hasta la detección de la causa raíz del citado conflicto y la posterior puesta en marcha de medidas para su eliminación.

Las principales dificultades del problema son la gran cantidad de factores y variables de los que depende el proceso. Para tratar de hacer este camino más sencillo se utiliza la filosofía Lean Manufacturing y sus herramientas que nos proporcionan una manera visual y esquemática de tratar el problema.

Para una mayor comprensión de los lectores que no estén relacionados con la materia, en el inicio del trabajo describe el marco de la situación: se analiza brevemente la filosofía Lean Manufacturing así como el funcionamiento de los tubos de escape y las válvulas electrónicas.

Palabras clave: Lean Manufacturing, PDCA, DMAIC, A3, Válvula electrónica, tubos de escape, Tenneco.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

RESUM

Aquest treball aborda el problema que va sorgir a l'empresa Tenneco Automotive Ibérica en la línia de producció d'un nou producte a nivell mundial, les vàlvules electròniques. L'abast del treball va des de l'estudi previ del contratemps, analitzant les possibles vies d'actuació, fins a la detecció de l'arrel de la causa del citat conflicte i la posterior posta en marxa de mesures per a la seva eliminació.

Les principals dificultats del problema són la gran quantitat de factors i variables dels que depèn el procés. Per a tractar de fer aquest camí més senzill s'utilitza la filosofia Lean Manufacturing i les seves ferramentes que ens proporcionen una manera visual i esquemàtica de tractar el problema.

Per a una major comprensió del lector que no estiguen relacionats amb la matèria, a l'inici del treball es descriu el marc de la situació: s'analitza breument la filosofia Lean Manufacturing així com el funcionament dels tubs d'escapament i les vàlvules electròniques.

Paraules clau: Lean Manufacturing, PDCA, DMAIC, A3, Vàlvula electrònica, tubs d'escapament, Tenneco.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

ABSTRACT

The following work addresses the problem that arose in Tenneco Automotive Ibérica company in the production line of a new product worldwide, the electronic valves. The work scope ranges from the previous study of the trouble, analyzing possible courses of action, to the detection of the conflict root cause and the subsequent implementation of measures to for disposal.

The main difficulties of the problem are the large number of factors and variables on which depends the process. To try to make this path easier, Lean Manufacturing philosophy and their tools that provide us a visual and schematic way to treat the problem are used.

For a better understanding of readers who are not related to the subject, at the beginning of the study, the context of the situation is described: Lean Manufacturing philosophy briefly description, operation of the exhaust pipes and electronic valves.

Keywords: Lean Manufacturing, PDCA, DMAIC, A3, Electronic valves, Exhaust pipes, Tenneco.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

ÍNDICE DE LA MEMORIA

<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	<u>16</u>
1.1. Objeto del proyecto _____	16
1.2. Justificación _____	17
1.3. Antecedentes _____	17
<u>2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA</u>	<u>18</u>
2.1. La empresa _____	18
2.1.1. Fonos _____	19
2.1.2. Grupo TENNECO _____	19
2.1.3. Tenneco Automotive Ibérica – Valencia _____	21
2.2. El Producto _____	22
2.2.1. Certificaciones de Calidad y Medioambiente _____	23
<u>3. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</u>	<u>24</u>
3.1. Introducción _____	24
3.2. Sistemas de escape _____	24
3.3. Aplicaciones válvula electrónica _____	29
3.4. Conclusión _____	31
<u>4. MARCO TEÓRICO</u>	<u>31</u>
4.1. Introducción _____	31
4.2. Definición _____	32
4.3. Orígenes y antecedentes _____	32
4.4. Estructura del sistema Lean _____	33
4.5. Metodología para la resolución de problemas _____	35
4.5.1. PDCA _____	36
4.5.2. DMAIC _____	39
4.5.3. A3 _____	44
4.6. Conclusiones _____	47
<u>5. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</u>	<u>47</u>

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

5.1. Introducción	47
5.2. Descripción del proceso de montaje	47
5.2.1. Lugar de trabajo	48
5.3. Descripción de los defectos	60
5.4. Plan de acción	62
5.5. Conclusión	67
<u>6. PRIMERA CADENA DE A3</u>	<u>68</u>
6.1. Introducción	68
6.2. Experimentación	71
6.3. Conclusión	76
<u>7. SEGUNDA CADENA DE A3</u>	<u>77</u>
7.1. Introducción	77
7.2. Experimentación	77
7.2.1. Suplemento inferior centrado	78
7.2.2. Suplemento inferior izquierdo	80
7.2.3. Suplemento inferior II	82
7.3. Conclusión	84
<u>8. TERCERA CADENA DE A3</u>	<u>84</u>
8.1. Introducción	84
8.2. Experimentación	86
8.2.1. Suplemento con 0.6 mm con arandelas	87
8.2.2. Suplemento de 0.3 mm con arandelas	89
8.2.3. Suplemento de 0.4 mm con lamas de cobre	91
8.3. Conclusión	93
<u>9. CUARTA CADENA DE A3</u>	<u>94</u>
9.1. Introducción	94
9.2. Experimentación	95
9.2.1. Válvulas con orientación de 51.5º	95
9.2.2. Válvulas con orientación de 90º	97
9.2.1. Válvulas con orientación de 38.5º	99
9.3. Conclusión	100

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

<u>10.</u>	<u>CONCLUSIONES FINALES</u>	<u>100</u>
10.1.	Implementación en línea y seguimiento _____	101
<u>11.</u>	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>109</u>
<u>12.</u>	<u>NECESIDAD DEL PRESUPUESTO</u>	<u>113</u>
<u>13.</u>	<u>CONTENIDO DEL PRESUPUESTO</u>	<u>113</u>
13.1.	Estudio económico _____	113
13.1.1.	Material fungible _____	113
13.1.2.	Costes de personal _____	114
13.2.	Resumen del presupuesto _____	115

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

MEMORIA

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto del proyecto

El objeto del proyecto realizado en la planta de Tenneco Automotive Ibérica S.A es la reducción del porcentaje de válvulas electrónicas no adecuadas para su montaje en el automóvil

Anteriormente a la puesta en marcha del proyecto los porcentajes superaban el 10% de válvulas defectuosas. El objetivo es dejar esta marca por debajo del 5%.

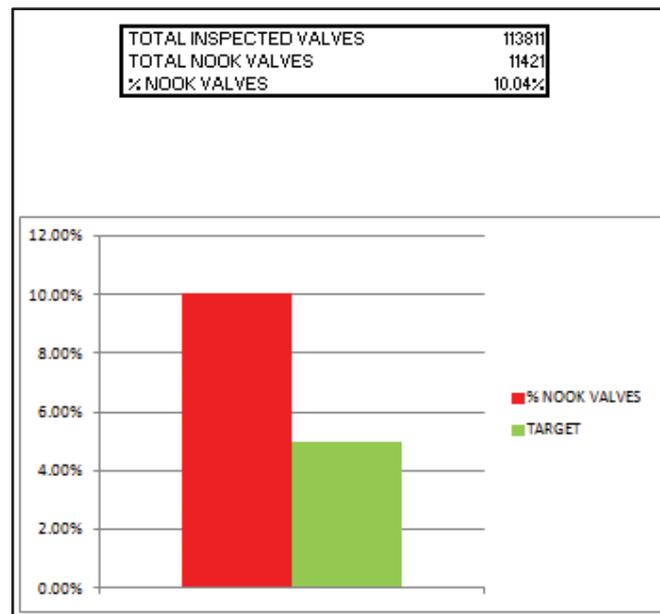


Ilustración 1: Estadística válvulas defectuosas desde la semana 1 hasta la 35 del 2014

Cada válvula que no supera las pruebas que se les efectúan al final de la línea es retirada para su retrabajo, si este defecto se detectase una segunda vez, sería apartada de la línea de producción para su reciclaje.

El precio de una válvula salida de la cadena de montaje se estima en 20€, teniendo en cuenta solamente el material. Las pérdidas anuales para la empresa debido a este defecto son de:

$$20 \frac{\text{€}}{\text{pieza}} * 3100 \frac{\text{piezas}}{\text{semana}} * 45 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} * 10\% \text{ válvulas defectuosas} = 279.000\text{€} (1)$$

Con la reducción a sólo un 5% de válvulas defectuosas las pérdidas se reducirían a la mitad

$$20 \frac{\text{€}}{\text{pieza}} * 3100 \frac{\text{piezas}}{\text{semana}} * 45 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} * 5\% \text{ válvulas defectuosas} = 139.500 \text{€} (2)$$

El ahorro estimado es de 139.500 € anuales referido a materiales, este ahorro es mayor teniendo en cuenta que por cada pieza que se retira al reciclaje hay horas de trabajo de los operarios que no han sido de utilidad.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

1.2 Justificación

La principal causa que justifica el desarrollo de este proyecto es, como se ha calculado en el punto anterior, la gran pérdida económica que se produce en el transcurso de un año reduciendo considerablemente el margen de beneficio económico, sin embargo este no es el único factor que determina la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing a este problema.

La elevada variabilidad se muestra como el aspecto más problemático, habiendo días en los que el porcentaje de rechazo es mínimo (alrededor del 1%) y otros en los que aumenta por encima del 20%, esto demuestra que el proceso no está controlado al no conocer la causa que origina nuestro contratiempo. Así pues, se optó por aplicar estas herramientas Lean de resolución de problemas con el fin de poder hallar la causa raíz que origina el defecto en las piezas.

1.3 Antecedentes

Tenneco Automotive Ibérica S.A. es una empresa del sector del automóvil situada en Beniparrell (Valencia) que se dedica a la fabricación de tubos de escape y sus componentes. Desde sus inicios en 1970 (entonces bajo la propiedad de la entidad Fonos) hasta ahora, los automóviles han evolucionado tanto en su diseño exterior como en sus prestaciones de una forma patente. Para poder mantenerse en este mercado que avanza tecnológicamente año tras año, es necesario estar dispuesto a renovarse una y otra vez, esto es lo que ha sucedido en Tenneco.

La planta de Beniparrell es considerada una de las plantas con mayor capacidad para resolver problemas en la línea de fabricación (University plant), además cuenta con una capacidad de producción mayor que la de las demás plantas involucradas en el proyecto.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 La empresa

Tenneco Automotive Ibérica, S.A se encuentra localizada en la Calle Alfajar número 85 del Polígono del Polio, en la localidad de Beniparrell 46490 (Valencia) y es una empresa dedicada a la fabricación de tubos de escape y componentes para el sector del automóvil.

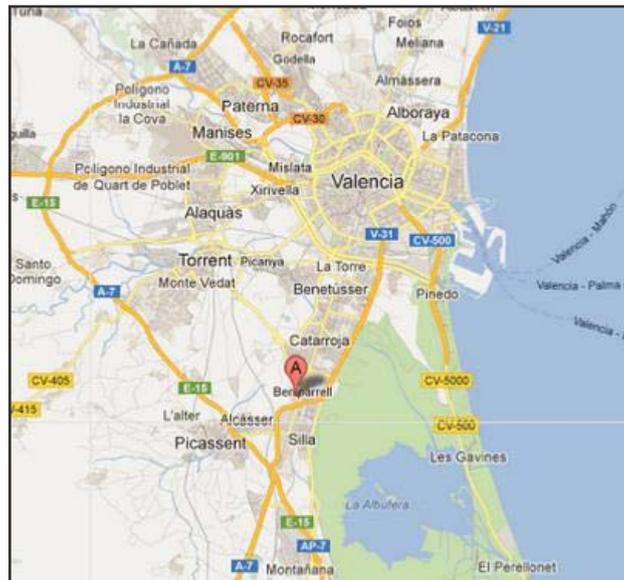


Ilustración 2: Ubicación

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

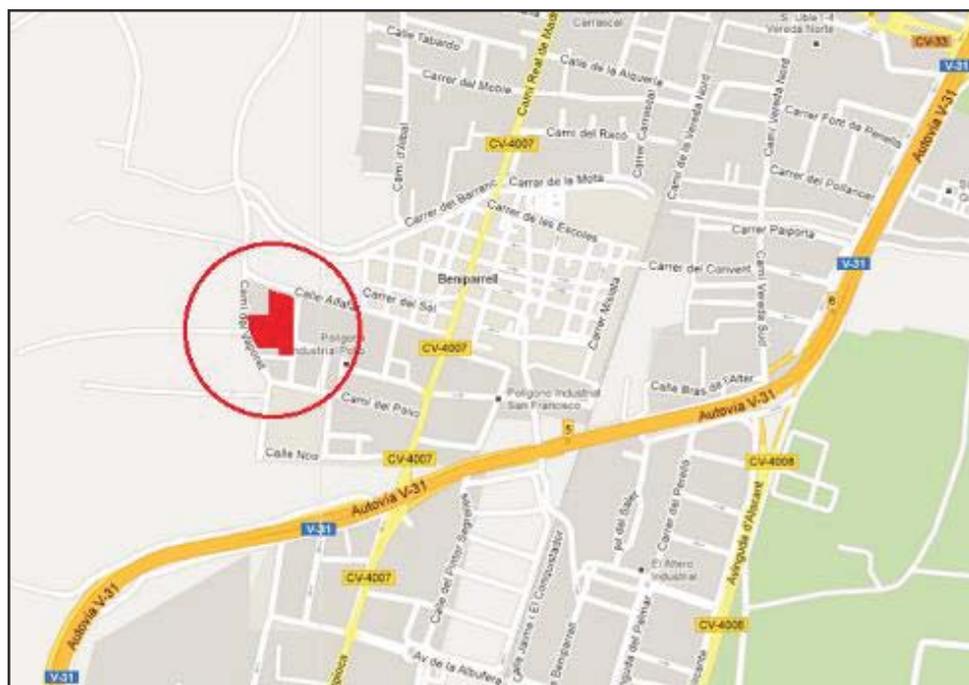


Ilustración 3: Emplazamiento

2.1.1 Fonos

La empresa española Fonos fue constituida en 1970 con el objetivo de hacer frente a la pujante demanda de calidad y tecnología del mercado automovilístico. Comenzó dedicada a la fabricación de tubos de escape, catalizadores y silenciadores para recambio, exportación y primer equipo, en la que su mercado principal eran los productos dedicados a recambio, debido a las exigencias del mercado.

En el año 1993 la empresa contaba con un catálogo de 1.900 referencias, 30.000 m² edificadas y una plantilla de 250 empleados.

2.1.2. Grupo TENNECO

Inicialmente conocida como “Tennessee Gas Transmission Company”, TENNECO se fundó en 1940, tras la separación de Chicago Corporation, formada en 1930. Históricamente “Tennessee Gas Transmission Company” era una compañía dedicada a la construcción de gaseoductos de gas natural. Pasados los años fue adquiriendo empresas dedicadas a la extracción de petróleo y estaciones de servicio, así como empresas dedicadas a la fabricación de maquinaria para la agricultura.

Tenneco Inc. surgió de un conjunto empresarial formado por seis empresas independientes: productos químicos, industria automovilística, transporte de gas, equipos agrícolas y construcción, embalaje y la construcción naval.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

La sección automovilística se separó de Tenneco Inc. en 1991 junto con las de construcción naval, gas natural, energía y embalaje. A excepción de la automovilística y embalaje todas las empresas fueron vendidas entre 1994 y 1996. En 1999 la sección de envasado se separó de Tenneco.

Tras consolidarse como una compañía independiente en 1999, ha crecido hasta convertirse en uno de los diseñadores, fabricantes y distribuidores de sistemas de escape, amortiguadores y elastómeros con mayor importancia en el mundo del mercado de la automoción.

Actualmente las oficinas centrales se encuentran en Lake Forest, Illinois (EEUU).

TENNECO en cifras:

- 22.000 empleados en todo el mundo.
- Más de 80 instalaciones de fabricación en 24 países de los cinco continentes.
- 14 centros de ingeniería en todo el mundo.

TENNECO dispone de más de 500 clientes de accesorios de recambio y de 25 clientes de equipo original alrededor del mundo, de entre los cuales podemos encontrar:

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| • General Motors | • Chrysler |
| • Ford Motor Co. | • Harley-Davidson |
| • Volkswagen | • SAIC |
| • Daimler | • Nissan |
| • Toyota | • Honda |
| • PSA Peugeot Citroen | • Suzuki |
| • BMW AG | • Mazda |
| • Renault | |
| • Caterpillar | • Tata Motors |
| • International Truck | |

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Entre los clientes de accesorios de recambio podemos destacar:

- NAPA
- TEMOT Autoteile
- ADI
- Advance Auto Parts
- O'Reilly Automotive
- Kwik-Fit Europe
- Uni-Select
- Pep Boys

2.1.3 Tenneco Automotive Ibérica – Valencia

El 31 de Agosto de 1995 el grupo Tenneco Automotive se hizo con los servicios de Manufacturas Fonos, empresa puntera en el mercado español de postventa para sistemas de escape y equipamiento de inspección para emisiones de vehículos motorizados. Esta compra impulsó el liderazgo de la división Walker de Tenneco Automotive, dedicada a la postventa de sistemas de escape, como uno de los mejores proveedores de equipamiento original de la industria de automoción europea.

Después de la adquisición de Fonos, la división Gillet de Tenneco se trasladó de Barcelona a Valencia en el año 1996 para situarse cerca de Ford España. Esta división se dedicaba a la fabricación de sistemas de escapes y catalizadores para el equipo original. Para el año 1999 la planta tenía una superficie de más de 36.000 m² en la que trabajaban 450 empleados altamente cualificados.

Sus instalaciones están Certificadas con la ISO 9001, ISO 9002, QS-9000, ISO/TS 16949, Q1 de Ford e ISO 14001, con lo cual afianzamos su Calidad y su Medio Ambiente y es un paso más en la Mejora Continua. Además dispone de planes de mejora aplicados a todos sus procesos, tanto productivos como indirectos, basados en la ISO/TS 16949, Modelo Europeo (EFQM), KAIZEN, Six Sigma y Lean Manufacturing.

También dispone de un sistema de Gestión de la Seguridad. Junto con la aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, aplica el Sistema BAPP (Proceso de Prevención de los Accidentes de Trabajo basado en el comportamiento), en el cual está involucrado la Gerencia y todos los operarios de la planta. Gracias a este sistema se ha reducido la accidentabilidad de la planta en un 70% desde el año de su implantación. Ello es posible, porque tanto la línea de mando como el equipo de dirección están permanentemente comprometido con la Mejora Continua, creando de esta forma un entorno y unas condiciones de trabajo que hacen que toda la plantilla este plenamente integrada en la empresa. Este planteamiento les lleva a transferir sus experiencias de calidad a su entorno, favoreciendo la cooperación tanto con los proveedores, como con Organismos e Instituciones.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

En la actualidad Tenneco Automotive Ibérica, S.A. (Valencia) está formada por la división Fonos/Walker, dedicada a la fabricación y venta de productos de recambio y de la división Tenneco, dedicada a la fabricación y venta de producto original. Tenneco Valencia ocupa una superficie de 26.000 m² y cuenta con una plantilla de 340 empleados.

2.2 El Producto

TENNECO dedica todos sus esfuerzos a la elaboración de productos de calidad y de tecnología avanzada en conformidad con las normas de protección del medioambiente europeas e internacionales en vigencia. Por esta razón la compañía se ha convertido en un fabricante líder en el mercado de silenciadores, tubos de escape y catalizadores así como en el campo de sistemas de análisis y diagnóstico para control de emisiones.

Productos fabricados en Tenneco Valencia:

Producto Original (OE – Original Equipment)

- Tubos de escape completos de acero inoxidable para fabricantes de coches (Ford, Seat, PSA, Volkswagen)
- Válvulas electrónicas para General Motors
- Recambio Original (OES – Original Equipment Spares) Tubos de escape completos de repuesto para fabricantes de coches (misma calidad que el original)

Recambio (AM – After Market)

- Tubos de escape completos de acero aluminizado para talleres (calidad ligeramente inferior al original)

Productos Inter Compañía (envío de productos semielaborados)

- Tubos curvados
- Silenciadores
- Catalizadores

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

2.2.1 Certificaciones de Calidad y Medioambiente

ISO 9001:94*	Abril 1997	Por IQNet y DQS. Norma de Sistema de la Calidad.
QS 9000:95*	Diciembre 1997	Por IQNet y DQS. Norma de Sistema de la Calidad incluye requerimiento de la industria automotriz americana (Ford, Daimler Chrysler y General Motor.
QS 9000:98*	Marzo 2000	Por IQNet y DQS. Norma de Sistema de la Calidad incluye requerimiento de la industria automotriz americana (Ford, Daimler Chrysler y General Motor.
ISO/TS 16949:99*	Julio 2002	Por UTAC. Norma Globalizadora, aceptada y reconocida como equivalente de QS-9000 (americana),VDA 6.1 (alem.), EAQF-94 (franc.) y AVSQ-94 (italiana).
ISO 14001:96*	Junio 2003	Por IRAM e IQNet. Norma de Sistema de Gestión Ambiental.
ISO/TS 16949:02*	Nov 2003	Por IRAM e IQNet y SQS. Nueva versión de la norma globalizadora para la industria automotriz, incluye los requerimientos de ISO 9001 versión2000.
ISO/TS 16949:02*	Mayo 2005	Por IRAM (Certificado de registro Nº 9000-037) y FCAV (Número FCAV: TS-Mo1581-0035-05) FV. Re-certificación.
ISO 14001:04*	Diciembre 2005	Por IRAM (Certificado de registr Nº 1400-048) e IQNET (Certificado de Registro Nº AR-ES-048

* Revisión: Enero 2010

3. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

3.1 Introducción

En este capítulo se describe el funcionamiento de cada parte del sistema de escape, explicando el trayecto que deben realizar los gases de escape desde la cámara de combustión hasta que son devueltos a la atmósfera. Una vez introducido su modo de operar se explican el porqué y las ventajas del montaje de las válvulas a los sistemas de escape.

3.2 Sistemas de escape

El funcionamiento básico de este mecanismo consiste en la apertura o cierre de una válvula de mariposa regulando el flujo de gases de escape producidos en la cámara de combustión.

Los sistemas de escape instalados en la mayoría de los automóviles, son sistemas estáticos sin capacidad de control, optimizados por los ingenieros para el rango que se prevea que vaya a ser el de funcionamiento. Como es bien sabido el rango de trabajo es amplio, según las condiciones en que se conduzca, variando las revoluciones enormemente, haciendo este sistema ineficiente.

Las válvulas electrónicas hacen que sea un sistema dinámico pudiéndose adaptar al régimen requerido por el conductor. Hay dos tipos de válvulas dependiendo de su posición.

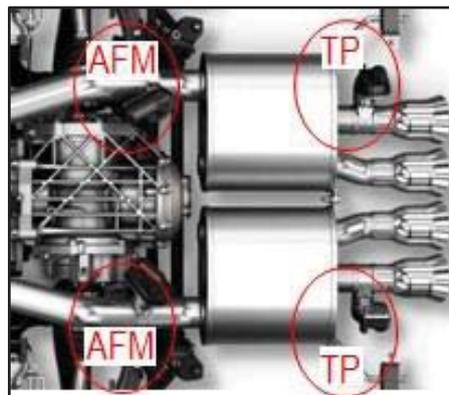


Ilustración 4: Diferentes tipos de válvula

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Los gases de escape que se producen durante la fase de combustión en el cilindro, no salen de forma continua, debido al desfase entre los cilindros (pondremos como ejemplo que nos encontramos ante un motor de 4 tiempos) cada “impulso” de gas de escape del cilindro está desfasado teóricamente 90° respecto a la próxima fase de expulsión. Resultado de esto obtenemos un flujo que sale más o menos entrecortado dependiendo de la velocidad a la que estén girando nuestro motor, esto es lo que se denomina pulsos de escape.

Tras la cámara de combustión los gases de escape se encuentran con los colectores, su enrevesada forma tiene una explicación no menos sencilla. La función de cada colector es llevar los gases de escape desde cada cilindro hasta un punto común, lo ideal es que todos los conductos midan lo mismo para que los gases de escape recorran exactamente la misma distancia antes de juntarse. Esta es la explicación de porqué tienen esta curiosa forma, al salir de cilindros diferentes deben entrelazarse y hacer nudos para llegar a un punto común habiendo recorrido la misma distancia.

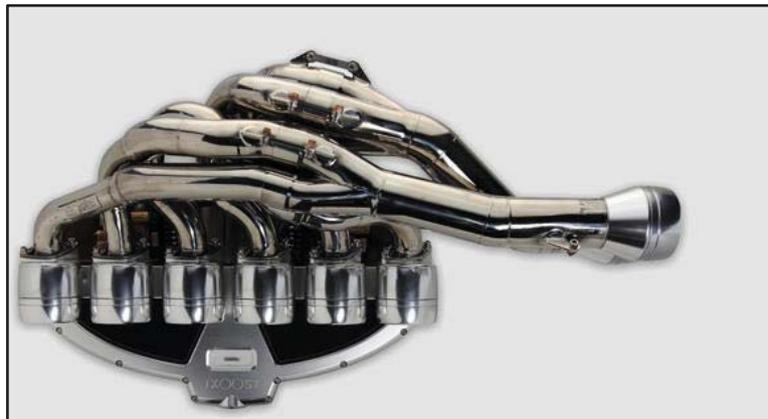


Ilustración 5: colector de 6 cilindros [FuelWaster.com, 2013]

Además también cumplen otra función. Están diseñados para que los pulsos de los gases de escape lleguen de forma ordenada y no se solapen entre ellos provocando efectos indeseables como sobrepresiones. Debido a que el motor trabaja a en un amplio margen de revoluciones, estos pulsos variarán sus características, por lo que el colector está diseñado para un régimen nominal de funcionamiento.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015



Ilustración 6: geometría del colector [FuelWasters.com,2013]

Aparte de esto también se controla el calibre interior del colector. Reduciendo o aumentando la medida de paso, se puede aumentar o disminuir la velocidad de los gases respectivamente. En función de la velocidad variará la presión ejercida sobre las paredes de los colectores (a mayor velocidad menos presión y viceversa) siendo este un factor clave para el diseño.

Tras juntarse en el punto común los gases de escape viajan por el tramo intermedio cuya función es básicamente el transporte de los gases (en la mayoría de los automóviles desde la parte frontal a la trasera donde se sitúa el escape) Las partes más difíciles son las curvas o codos que se forman para adaptarse a los bajos del coche, en estas partes se ralentiza los gases.

Por último llegamos al silenciador. Los dos sistemas más comunes de silenciador son por reflexión o por absorción:

Reflexión: Consiste en crear una onda que sea exactamente igual a la que compone el sonido del motor, pero desfasada 180º, de esta forma la superposición de ambas ondas debería dar como resultado una onda de amplitud 0, es decir el silencio.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

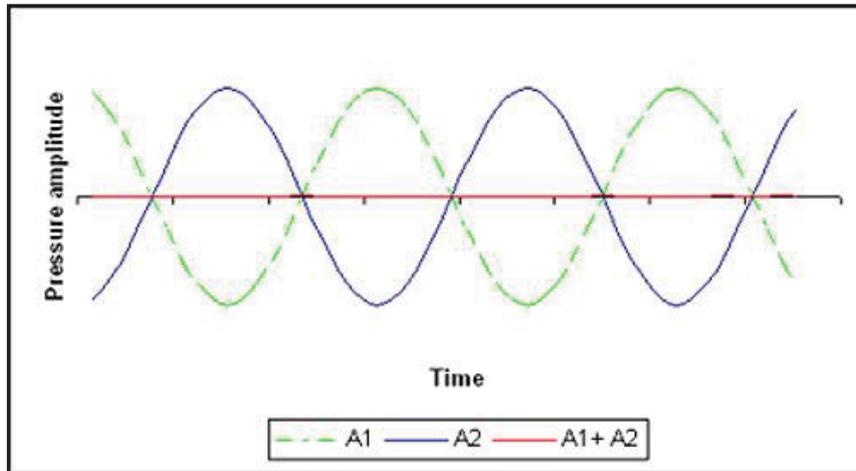


Ilustración 7: A1 (onda creada por el sonido motor) A2 (onda del mismo motor desfasada 180º) A1+A2 (las ondas se superponen creando teóricamente el vacío) [FuelWasters.com, 2013]

Aquí cobra importancia la aparición de la cámara de resonancia en el interior del silenciador. Por medio de su geometría modifica las características de la onda para su superposición y anulación. Como todo, está pensado para un régimen de giro que se prevea el nominal, diseñado para unas ondas con unas determinadas características. Sin embargo es un método eficaz cuyo único inconveniente es la "dificultad" del flujo de los gases debido a los rebotes que se producen dentro de la cámara de resonancia.

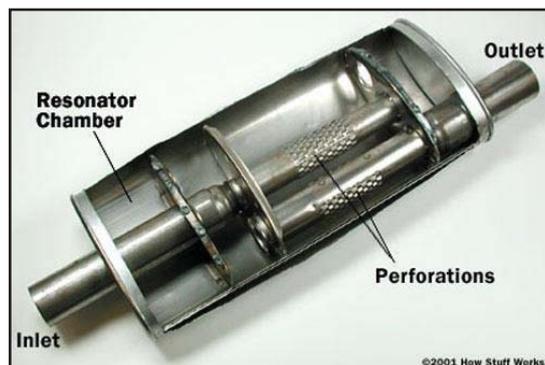


Ilustración 8: Silenciador por reflexión y sus partes [FuelWasters.com, 2013]

Absorción: Se trata de reducir las vibraciones que provocan el sonido poniendo aislantes, mucho más sencillo que el sistema de reflexión. Es un tubo por el que pasan los gases de escape, al que le han hecho agujeros en las paredes, y que va recubierto de varias capas de aislantes que absorben el sonido. Este método permite que los gases fluyan con mayor libertad.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

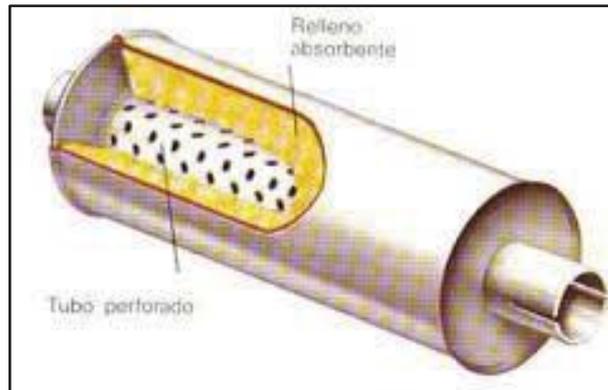


Ilustración 9: Silenciador por absorción [FuelWasters.com, 2013]

Un efecto que hay que destacar en todo este proceso es el de la contrapresión, los pulsos de los gases se van juntando a medida que se ralentizan por el conducto del escape, se van sumando cada vez más atrás hasta formar una cierta presión en la salida del cilindro. Esa presión (llamada contrapresión) formada en el exterior de las válvulas de escape, dificulta que los gases sean expulsados del cilindro por el pistón, lo que se suele traducir en una pérdida de eficacia del motor. La fase del motor que produce la potencia es la de explosión, mientras que las otras 3 "lastran" el giro del mismo, y en concreto la contrapresión del escape es uno de esos factores que hacen que el motor gire peor, consuma más, y rinda menos. Además una aumenta la temperatura de los gases de escape, produciendo un sobrecalentamiento y humos excesivos perjudiciales para la longevidad de las válvulas. Sin embargo si el calibre del escape es demasiado grande, los gases se ralentizan a la vez que se enfrían, y producimos el efecto contrario al que deseamos. La práctica demuestra que algo de contrapresión en su justa medida ayuda al funcionamiento, y que sin la debida contrapresión el motor funcionará mal.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

3.3 Aplicaciones válvula electrónica

Las ventajas que supone la implantación de la válvula electrónica en el automóvil son las siguientes:

- EGR de baja presión
- Reducción contaminación acústica
- Mayor rendimiento del combustible

EGR de baja presión: La implantación de normas anticontaminación cada vez más exigentes y lo concienciación ecológica de los fabricantes hizo que en los 90 en Europa y bastante antes en USA se empezara a implantar en los motores un dispositivo llamado EGR iniciales de *Exhaust Gas Recirculation*, que es como se conoce la válvula de recirculación de gases de escape. La función de la EGR es reducir los Óxidos de Nitrógeno resultantes reduciendo la temperatura de la combustión en los motores de 4 tiempos. Para ello introduce gases quemados del escape a la admisión

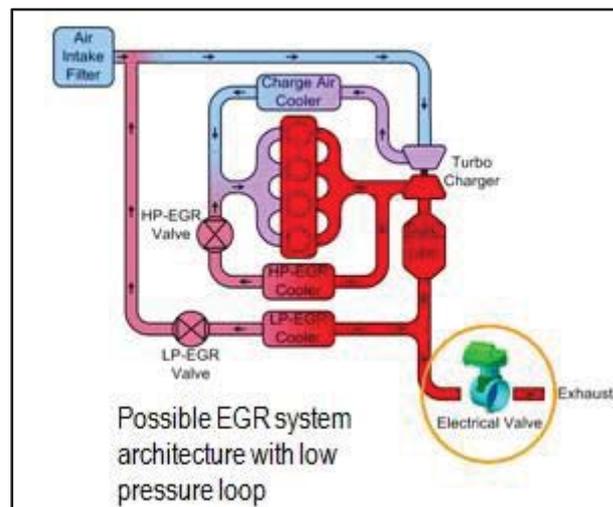


Ilustración 10: Sistema EGR (Exhaust Gas Recirculation)

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Algunos gases de la combustión son depurados por el catalizador pero los óxidos de nitrógeno (NOx) no pueden ser tratados. Se crean por la alta temperatura y la cantidad de oxígeno en la combustión tanto en motores Diesel como gasolina, son variables en función de la mezcla, avance, compresión, temperatura, etc. Es un gas que daña a los ojos y el sistema respiratorio y contribuye a la lluvia ácida.

La EGR es una válvula que hace que pasen gases quemados del escape a la admisión para disminuir la temperatura de la combustión haciendo esta menos potente y emitiendo menos Óxidos de Nitrógeno.

Reducción contaminación acústica: Tal como se puede apreciar en el gráfico se consigue un menor ruido con las válvulas

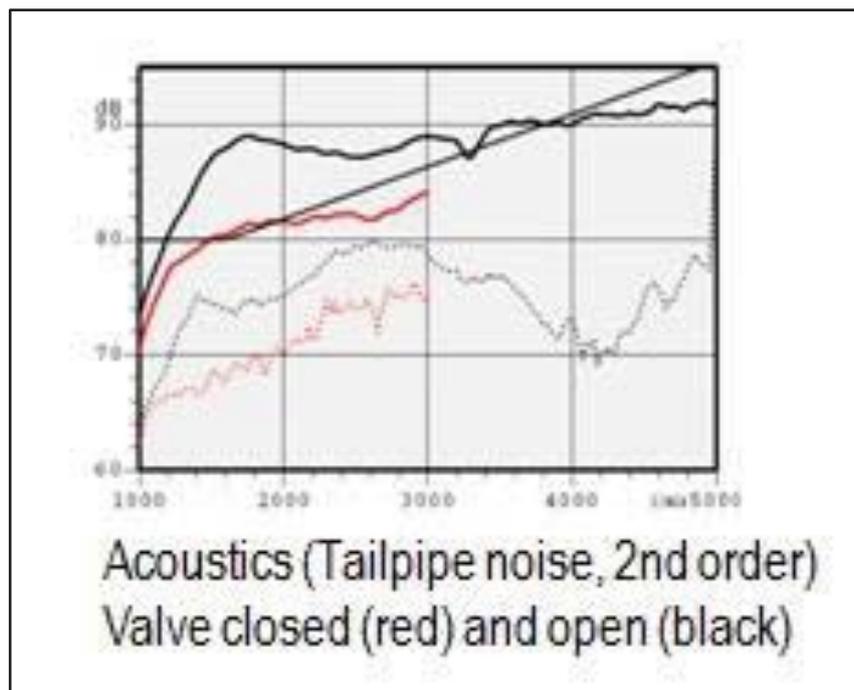


Ilustración 11: Comparativa entre los decibelios producidos sin válvula (líneas negra y roja superiores) y con válvula (líneas roja y negra inferiores)

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Mayor rendimiento del combustible: Las contrapresiones nombradas anteriormente pueden variar las condiciones de combustión del combustible. Un exceso de presión justo a la salida del cilindro, dificultaría la completa expulsión de los gases de escape de la cámara de combustión, sin embargo una insuficiente contrapresión haría que este proceso de combustión no fuera todo lo eficiente que puede llegar a ser, en las condiciones iniciales de la combustión cuanto mayor temperatura y presión encontremos (en parte producida por la contrapresión cuando la válvula de escape se abre) mejor será el rendimiento de la reacción, por eso hay que buscar un equilibrio, gracias a la apertura o cierre de las válvulas este se puede conseguir.

3.4 Conclusión

La implantación de válvulas electrónicas en los vehículos resulta conveniente por diversos motivos como son:

- Reducción de la contaminación atmosférica producida por los óxidos de nitrógeno generados por las altas temperaturas de combustión.
- Reducción de la contaminación acústica.
- Un mayor rendimiento del combustible al establecer las condiciones óptimas en la cámara de combustión.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Introducción

En este capítulo se hace una breve explicación de la filosofía Lean Manufacturing, su objetivo final es la máxima calidad del producto al más bajo coste y en el menor tiempo posible. Para poder alcanzar este objetivo, esta filosofía se basa en la minimización de los gastos innecesarios (llamados despilfarros) que no aportan valor al producto final.

Para finalizar se muestran y se describen las posibles alternativas que existen a la hora de identificar, corregir y eliminar un problema o despilfarro,

- PDCA
- DMAIC
- A3
- 8D

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

4.2 Definición

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo cuyo objetivo es la mejora del entorno y del sistema de producción. Se sustenta en las personas ya que es necesario adoptar una nueva cultura dentro de la empresa para poderse implantar con éxito, desde los directivos hasta los operadores de planta. Su sistema se basa en la identificación y eliminación de los “desperdicios” de la cadena de producción, clasificándose estos desperdicios como los procesos que no añaden valor al objeto producido. En esa búsqueda se adoptan los principios de calidad total y mejora continua.

La cultura Lean trata de inculcar en los trabajadores una búsqueda de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica, para ello se basa en la comunicación entre todos los niveles y el trabajo en equipo. Su objetivo final es el incremento de la productividad, la reducción de plazos de entrega, el aumento de la calidad y reducción de costes.

4.3 Orígenes y antecedentes

Tras la segunda guerra mundial el país de Japón quedó mermado económicamente siendo un reto el construir una industria competitiva en un escenario de post-guerra, debían de sacar beneficios sin recurrir a las economías de escala. La economía de escala era el sistema implantado en las fábricas de Estados Unidos considerado hasta el momento la que reportaba mayores beneficios.

Una larga huelga en Toyota a finales de 1949 obligó a la compañía a despedir a gran parte de la plantilla, para remediarlo los ingenieros Eiji Toyoda y Taiicho Ohno (considerado como padre del Lean Manufacturing) viajaron hasta Estados Unidos para copiar el sistema americano. El sistema que vieron no era aplicable a Japón ya que reducía costes a base de fabricar grandes cantidades cosa que en la Japón castigada por la guerra no era posible, por ello se propusieron suprimir los stocks y todos los despilfarros en la cadena de producción aprovechando al máximo las capacidades humanas.

Con este pensamiento Ohno estableció las bases del nuevo sistema de gestión JIT/*just in time* (justo a tiempo), conocido también como TMS (*Toyota Manufacturing System*). La base de este sistema era sencilla: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”. El sistema JIT/TMS se hizo popular en Japón durante la crisis del petróleo de 1973, cuando muchas empresas entraron en pérdidas y Toyota destacaba por encima de las demás.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

4.4 Estructura del sistema Lean

Para representar la filosofía Lean se utiliza una casa ya que es una estructura fuerte siempre que los cimientos y las columnas sobre los que se construye lo sean.

Las bases sobre las que se apoya la casa son:

- La estandarización y estabilidad de procesos
- *Heijunka*: nivelación de la producción
- *Kaizen*: Forma de trabajo, cultura de empresa, espíritu que intenta aplicar una mejora continua luchando contra los desperdicios. La mejora continua es un ciclo sin fin en el que se avanza paso a paso implementando innovaciones cuando surge un problema.
- Factor humano: compromiso de la dirección, la formación de equipos dirigidos por un líder, la formación y capacitación del personal, los mecanismos de motivación y los sistemas de recompensa.

Los dos pilares básicos sobre los que se sustenta el techo son el JIT y Jidoka.

- JIT (*just in time*): Producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta.
- *Jidoka*: proporcionar a las máquinas y a los operadores la habilidad para determinar cuando se produce una condición anormal e inmediatamente detener el proceso

Finalmente en el techo nos encontramos con los objetivos finales de una empresa gobernada por el espíritu Lean

- La mejor calidad
- El más bajo coste
- El menor tiempo de entrega (Lead-time)

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

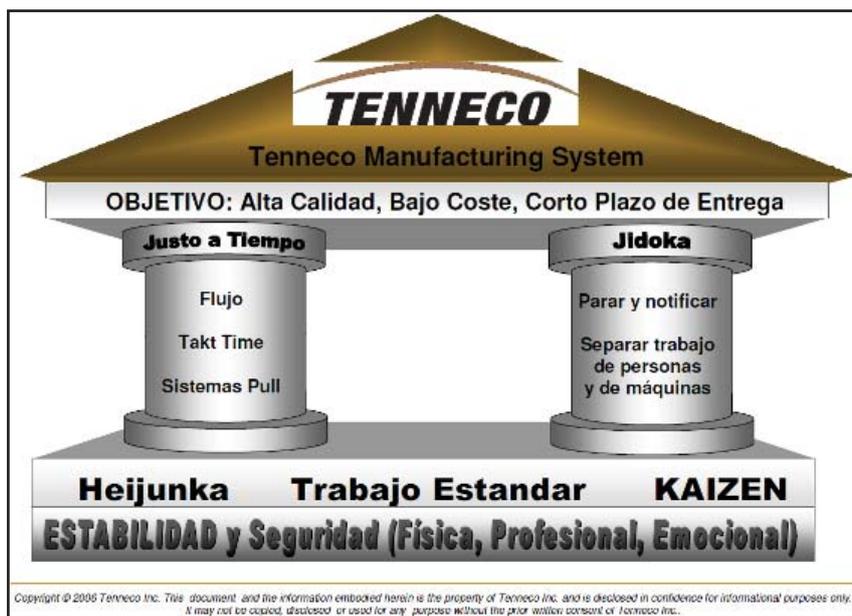


Ilustración 12: Estructura Lean Manufacturing [Lean Manufacturing, conceptos, técnicas e implantación, 2013]

Como se ha dicho antes, el sistema Lean lucha para suprimir los despilfarros que se producen en la empresa. Se entiende despilfarro como todo aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. Estableciendo la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio} = \text{Precio de mercado} - \text{Coste} \quad (3)$$

La situación ideal según Lean sería tener un coste de producción 0, así alcanzaríamos el máximo beneficio. Estos despilfarros que se desean eliminar son:

- **Exceso de almacenamiento:** es un indicador de que el flujo de producción no es continuo (en contra del JIT), además de que generan gastos que no nos reportan ningún beneficio como son el mantenimiento, vigilancia, contabilidad e incluso el deterioro del material, desperdiando así horas de producción.
- **Sobreproducción:** Genera un consumo excesivo de material, un incremento de transportes y del uso de almacenes.
- **Tiempo de espera:** Es el resultado de un proceso mal diseñado en el cual un operario o una máquina están parados durante un tiempo determinado.
- **Transporte y movimientos innecesarios:** Dentro de una cadena de montaje los materiales deberían fluir de una máquina a otra recorriendo el mínimo espacio posible y sin hacer cola.
- **Defectos, rechazos y reprocesados:** se traduce en una gran pérdida de la productividad. Es el resultado de no haber realizado bien la tarea la primera vez, esto desemboca en el desperdicio de horas de trabajo (defecto y rechazo) o en la ralentización del proceso por el reprocesado de una pieza. Aún siendo uno de los desperdicios más grandes es el más aceptado por la industria.

4.5 Metodología para la resolución de problemas

PDCA	DMAIC	A3	8D/PSP
Plan	Define	Clarify the Problem	1. Create Team & collect Information 2. Describe the Problem
	Measure	Break down the Problem	
		Set a Target	3. Define Containment Actions
	Analyse	Analyze the Root Cause	4. Analyze the Root Cause
Develop Countermeasures		5. Define possible corrective Actions	
Do	Improve	See Countermeasures	6. Implement corrective Actions
Check	Control	Evaluate Results & Processes	7. Define Actions to avoid Recurrence 8. Congratulate your Team
Act		Standardize Success	

Ilustración 13: Comparación métodos resolutivos de problemas [kaizen-factory.com, 2013]

En la Ilustración de arriba se muestran y se comparan las metodologías más extendidas para la resolución de problemas. Como se puede observar las 4 tienen una serie de pasos comunes, el presente capítulo serán objeto de estudio el PDCA, DMAIC y A3 siendo el 8D el modelo de utilizado por Ford que en este trabajo no ha sido utilizado.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

4.5.1. PDCA

Herramienta de mejora continua correspondiente a la fase de implementación que consta de cuatro etapas: Plan, Do, Check, Act.

La clave del proceso es definir claramente el problema para saber lo que debemos mejorar y en qué cantidad, algo obvio pero que se pasa por alto por el afán de implementar mejoras rápidamente en la línea. Para no dejarse llevar por este mal hábito, antes de insertar estas contramedidas es necesario un completa definición del problema y un análisis de la causa raíz.

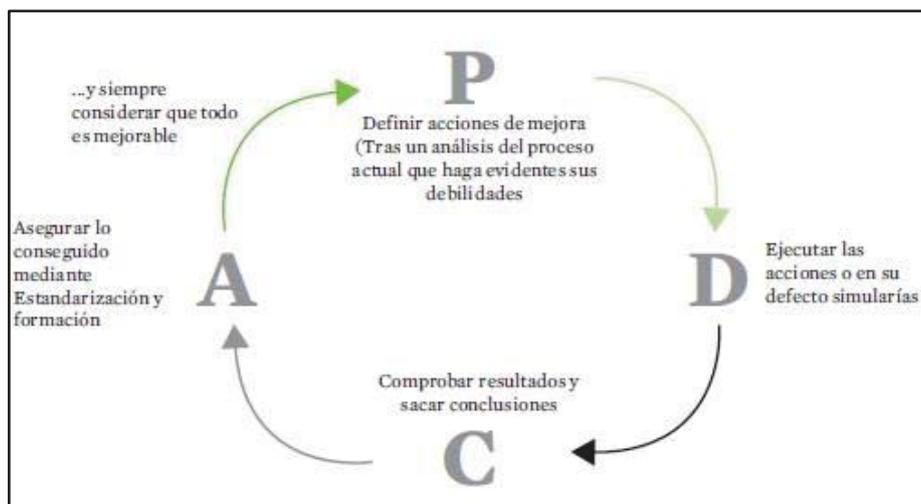


Ilustración 14: Círculo de Deming [Lean Manufacturing, conceptos, técnicas e implantación, 2013]

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Plan (P): Desarrollar un plan de acción

Hay numerosas herramientas y técnicas para ayudar en el desarrollo de un buen plan de acción pero el método no es tan importante como el proceso de pensamiento analítico del problema y la habilidad del que lo realiza. El objetivo más importante es desarrollar un entendimiento consistente del problema, si esto no fuera así se podrían malgastar recursos y los resultados no serían los esperados. Las contramedidas se dividen en dos grupos:

- Contramedidas de largo plazo
- Contramedidas de corto plazo

La definición de corto y largo plazo se refiere a la permanencia de las contramedidas en la línea de fabricación. Las de corto plazo se refieren a medidas que se toman solo temporalmente que proporcionara un “alivio” temporal hasta que se pueda implantar una medida más efectiva. Sea tomado como ejemplo un problema de calidad, si la causa raíz es asignada a un problema de maquinaria, y ésta necesita una modificación para corregir el problema, se utilizarán las contramedidas de corto plazo para reducir la creación de defectos y asegurarnos que ningún defecto pasa al siguiente proceso (*poka-yoke*)

Las contramedidas de largo plazo están destinadas a eliminar permanentemente la causa raíz por ello su implementación puede extenderse por más de una semana o incluso meses, en este caso es mejor dividir la tarea en partes pequeñas, esto tiene dos beneficios:

- Nos proporcionan una comprobación en un intervalo de tiempo menor. El progreso puede ser monitorizado y actuar en caso de retraso.
- La efectividad puede ser comprobada después de que se complete una pequeña parte de la contramedida en lugar de esperar a que todo el proceso sea completado.

Dividir las contramedidas de largo plazo en pequeños incrementos es el concepto de heijunka aplicado a la resolución de problemas. En operaciones de producción los marcos de tiempo grandes, pongamos por ejemplo un mes, son divididos en incrementos diarios y éstos a su vez en requerimientos horarios y la producción se verifica cada hora. De esta manera los ajustes se pueden hacer cada día basados en la frecuencia de chequeo (horaria) para asegurar una exitosa terminación de la tarea al final del periodo. La utilización de este principio de nivelación incrementa la probabilidad de producir los resultados esperados.

El plan detalle el qué, quién, cuándo, dónde y si es necesario el cómo. Es necesario asignar una persona que llevará la responsabilidad de la completa realización de la contramedida. Esta persona tiene el compromiso de explicar el plan, coordinar los esfuerzos, organizar los recursos, comprobar la realización de la tarea según el plan y proporcionar los progresos de la mejora.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Do (D): Implementar soluciones

Es común implementar una solución y luego encontrar, cerca de la terminación, una oportunidad adicional de mejora. Este fenómeno ocurre porque no es siempre posible ver futuras posibilidades hasta que se ha tomado un paso inicial, este es el llamado proceso de mejora continua. Ante este continuo círculo de mejoras el proyecto estará completado cuando se haya alcanzado el objetivo establecido en la declaración del problema.

Check (C): Verificar los resultados

Si hemos comprobado nuestras ideas, habremos confirmado su efectividad y mejora. En esta fase es necesario solo recoger datos de los procesos. Es necesario comprobar los datos obtenidos con los que había antes de la contramedida para verificar que ha habido una mejora

Act (A): Realizar ajustes necesarios a las soluciones y al plan de acción

El continuo proceso de resolución de problemas es una continua progresión de desarrollar hipótesis, comprobar estas hipótesis, medir los resultados, ajustar las hipótesis... hasta que el resultado deseado es conseguido.

Con un entendimiento pleno de las causas raíz el efecto de las contramedidas propuestas es fácilmente predecible. La experimentación nos proporciona una clara muestra de las soluciones propuestas antes que gastar dinero en tiempo y recursos.

Muchas veces el problema es el conjunto de varios problemas más pequeños, en este caso hay que intentar solucionar éstos de uno en uno y nunca todos a la vez, hasta que la producción opere con normalidad.

Una vez llegados aquí hay que identificar futuros pasos. La naturaleza de la mejora continua significa que cuando se completa una actividad de resolución de problemas se debe empezar otra. Este capítulo de futuros pasos debe contener:

- Descripción de los planes para atar cualquier cabo suelto que pertenezca a la actividad actual
- Explicar como la responsabilidad de mantener los resultados actuales y continua mejora del problema será asignada y apoyada por el liderazgo. Este elemento es crucial ya que los resultados de mejora a menudo no se mantienen porque no ha sido asignado ningún tipo de responsabilidad.
- Identificar si se necesita alguna ayuda para resolver cualquier problema que se encuentren más allá del control del equipo de resolución de problemas.
- El equipo o la persona debe mirar hacia adelante e identificar el siguiente problema a tratar.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

4.5.2. DMAIC

El origen de la herramienta DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) para la solución de problemas se da en el mundo del seis sigma. Básicamente es un PDCA de 5 pasos usado para problemas largos donde hay una gran cantidad de datos. La duración del DMAIC puede exceder de los 3 meses dependiendo de la complejidad del problema y del proceso a mejorar. Los 5 pasos del DMAIC son:

- **Define (D):** Esta fase es la introducción al problema, debemos describirlo con su orden de magnitud y calcular su impacto económico, así como establecer unos objetivos y estimar los beneficios. Por último definir el alcance del proyecto y el equipo de trabajo. Para poder guiar nuestros pasos inicialmente contamos con herramientas como el análisis de Pareto, nos sirve para identificar donde está ubicado el problema y así priorizar nuestros análisis.

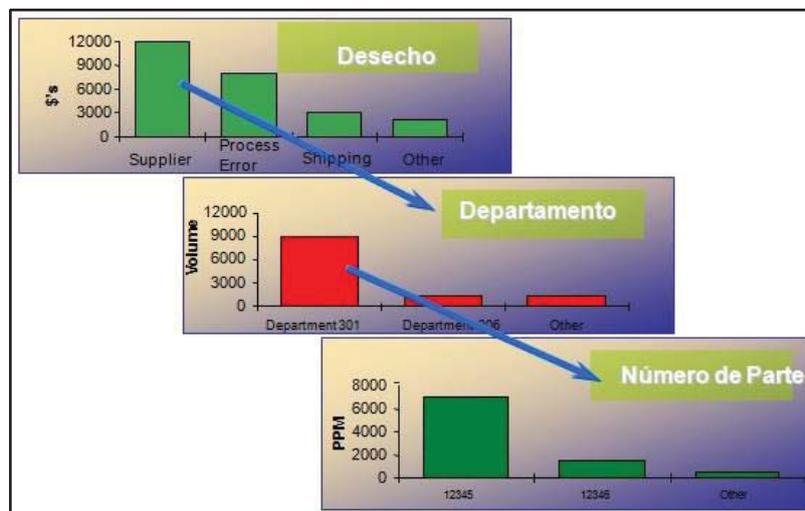


Ilustración 15: Gráfica de Pareto

- **Measure (M):** En esta fase debemos extrapolar las especificaciones de nuestro cliente hasta la línea de producción de forma que podamos convertir el problema en datos medibles, como por ejemplo altura, grosor... Medimos la situación en la que estamos identificando los procesos que deben mejorarse y se recogen las posibles causas (X) de nuestro problema. Estas causas se obtienen por medio de una “lluvia de ideas” que se realiza con todo el equipo, se priorizan y se llevan a cabo. Para realizar esta tarea disponemos de los mapas de procesos, del diagrama de Ishikawa, diagramas YX y estudios de capacidad del proceso.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Para empezar a atacar el problema se realiza primero un mapa de procesos. Este mapa consiste en un esquema detallado del proceso de montaje, todos los inputs son considerados (procesos de soldadura, manipulaciones del operario e incluso proceso de transporte) con el fin de poder ordenar las operaciones que a priori son más cruciales para satisfacer la demanda.

El diagrama de Ishikawa (también llamado de espinas de pescado por su morfología) muestra las distintas variables (causas) que pueden dar lugar al problema (efecto).

El efecto es señalado con una flecha, a esta flecha se le unen unas líneas oblicuas que son las causas primarias. Estas causas forman unos grupos con una naturaleza común que para este caso se han dividido en: operario, material, método y máquina.

Dentro de estas causas primarias se representan las causas secundarias (más específicas)

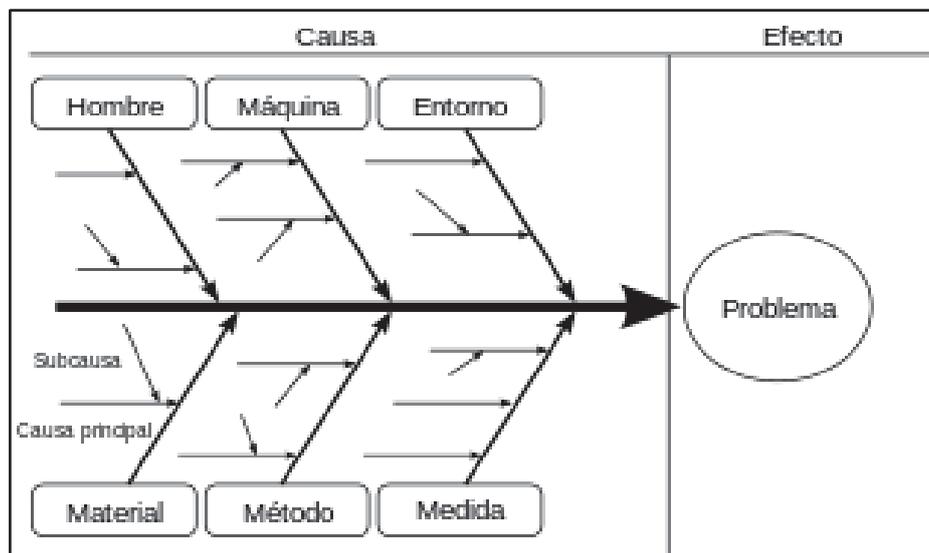


Ilustración 16: Diagrama de Ishikawa

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

La principal ventaja de este sistema reside en que permite estructurar y ver todas las posibles causas del problema, atacando la mejor ponderada por el equipo sin tener que ir probando de una en una aleatoriamente.

Analyze (A): Se realizan rápidas y sencillas experimentaciones en una población de piezas lo suficientemente grande como para que los resultados sean representativos y se recogen los datos creados. Para esta parte se necesitan herramientas estadísticas y gráficas para cruzar datos y poder separar las contramedidas que afectan positivamente de las que no tienen ningún tipo de efecto, para su análisis podemos contar con Box plot o con test de hipótesis. El seguimiento de las contramedidas efectuadas se lleva a cabo con un X-tracker, como puede comprobarse en Tabla 1: X tracker

Improve (I): En esta fase se implantan las soluciones que han dado mejores resultados en la fase de análisis, se comprueba el rendimiento y en caso de ser positivo se estandariza el nuevo método de trabajo. Para hacer frente a este proceso tenemos herramientas como son los estudios de capacidad.

Después de comprobar que el proceso está bajo control, el siguiente paso es saber si es un proceso capaz, es decir, si cumple con las especificaciones técnicas deseadas, o lo que es lo mismo, comprobar si el proceso cumple el objetivo funcional. Se espera que el resultado de un proceso cumpla con los requerimientos o las tolerancias que ha establecido el cliente. La habilidad de un proceso para cumplir con la especificación puede expresarse con un solo número, el índice de capacidad del proceso o puede calcularse a partir de los gráficos de control. En cualquier caso es necesario tomar las mediciones necesarias para que el departamento de ingeniería tenga la certeza de que el proceso es estable, y que la media y variabilidad de este se pueden calcular con seguridad.

Control (C): En esta fase tenemos que ser capaces de poder controlar el proceso, cerciorarnos de que realmente hemos atacado la causa raíz del problema, una forma de comprobarlo sería producir un lote de piezas con la mejora y otro lote sin ésta comprobando los resultados. Si realmente se ve la mejoría deseada tenemos que asegurar la sostenibilidad de estas mejoras, establecer un plan de revisión de los resultados y evaluar la posibilidad de extrapolación de las mejoras implantadas en otros procesos.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Y		X											
Description of Y	Units of Measure	Type	MSA Results	Filename	NEW	Description of X	DONE	A3	Units of Measure	Type	Tool Used	Vital?	Filename
Spatters variate bearing housing orientation						TOOL 2 Welding parameters to reduce spatters Electrode angle (spatters outside instead of inside) Poor welding: reject parts if we reduce too much welding force							
Reduce gap between MBL and bearing housing						TOOL 3 Force holding MBL to valve housing reduces inclination. Suplementar apriete Cambiar puntos de apriete con el disco, pasar a 3 Suavizar volteo de la pieza							
Different welding height of MBL with valve housing						TOOL 4 Define N° of weldings to avoid electrode wear More pressure on welding to avoid electric arcs Different lower electrode positions Diferente "cuna" para el casquillo Disc holder may not hold the disc against pin 100% OK.							
Avoid spring guide over bearing housing						TOOL 5 Forces distribution of return spring in different valves Spring shape							
Incorrect alignment						Deformación del material tras soldadura N° of disc springs (mafu) Calibrado punteadora 2 PIN dimension Different spring guide shape							
MAFU fails and Tooling 2 cannot recognise n° of disc springs													
Variability of resulting spring force													
Find out similarities						Check red and yellow valves: gap, spatters							

Tabla 1: X tracker

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

4.5.3. A3

La resolución de los problemas es una faena en la que debemos utilizar todas nuestras habilidades mentales para hallar la solución, escribir todo el proceso en un papel puede facilitar este proceso, de forma que podemos compartir el problema con más gente, recoger sus opiniones al respecto e incluso abordar el problema desde otra perspectiva. Hoy disponemos de gran cantidad de dispositivos para poder comunicarnos y almacenar datos, lo que nos hace perder el sentido crítico sobre la información que es útil y la que no, para evitar esto Toyota inventó una herramienta de trabajo llamada el informe A3. Tiene este nombre debido a que la comunicación entre los diferentes sedes se realizaba a través del fax y este el tamaño máximo de papel permitido, haciendo que solo se puede incluir la información esencial. La información que se incluye en el A3 es clara concisa y debe poder leerse en poco tiempo. Cada A3 debe contar una historia con un principio, desarrollo y conclusión. Hay diferentes tipos de A3:

- De proposición: Su finalidad es proponer cambios en un proceso, la compra de equipos etc. Deben incluirse en este A3
- De Estado: Deben incluir el plan anual o una revisión de un proyecto, sirven para comprobar cómo evoluciona la empresa.
- Informativo: Su única misión es la de recoger información, no hay ninguna componente a evaluar, el único objetivo es transmitir una información a una audiencia interna o externa a la compañía.
- Resolución de problemas: su finalidad es la que indica su nombre, profundizaremos en este tipo de A3 en el siguiente punto.

A3 Resolutivo de problemas

Se usan múltiples formatos dependiendo de lo que se está presentando y cuando es presentado. Existen 3 etapas diferenciadas.

- Etapa de propuestas: su función es la de consensarse si un problema debe abordarse o no, si se decide actuar, el siguiente paso es el de identificación de la causa raíz y la propuesta de contramedidas.
- Reporte de estado: Después de que las contramedidas sean aceptadas e implantadas, los resultados obtenidos son seguidos y comparados con el objetivo para comprobar si la medida adoptada corrige nuestro problema.
- Reporte final: Se da al final de la actividad, se verifican si los resultados son los esperados y en función de estos hay dos posibles direcciones;
 - Si el resultado es el deseado, estandarizar la contramedida para que sea incluida permanentemente en la línea
 - Si no se dan los resultados esperados, repetir el proceso con otra contramedida propuesta por el equipo.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Con la proposición inicial de un problema deben aparecer muchas preguntas para asegurarse de que un problema ha sido correctamente identificado. Tras el acuerdo para seguir una propuesta, debe haber un seguimiento de ésta con A3, pudiendo ser semanal o mensualmente, no es recomendable esperar mucho para poder tener tiempo de reacción.

Estructura de un A3 resolutivo de problemas

Poner la historia y desarrollo del problema en una hoja tiene siempre el mismo formato básico, sin embargo el espacio dedicado a cada sección puede variar. Los A3 resolutivos de problemas siguen la siguiente estructura:

- **Encabezado:** se sitúa arriba del A3 y tiene el tema de la actividad, el nombre del autor, la fecha y otra información que pueda ser de interés.

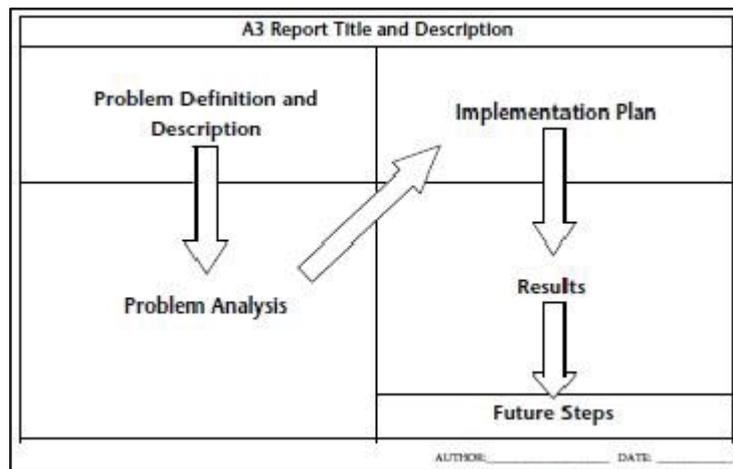


Ilustración 18: Estructura A3

A continuación el A3 se divide verticalmente en dos mitades:

- Planteamiento del problema y análisis del problema llenan la parte izquierda de la hoja, el análisis del problema es el alma del proceso por eso debemos dedicarle más espacio que al planteamiento. Para que nuestras soluciones sean efectivas y den resultado el estudio del problema debe ser minucioso, en algunos casos donde el problema sea especialmente complejo, el análisis puede extenderse a la mitad derecha de la hoja.
- La mitad derecha de la hoja está reservada para el plan de implementación, los resultados y los pasos futuros. El propósito de la actividad es la de mejorar resultados así que esta parte debe ser el foco de atención en la parte derecha del A3.

En la empresa Tenneco se adoptó esta forma de reportar mejoras y soluciones a problemas creando una base de datos de A3 para que todos puedan acceder a ellos.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

The form is titled "KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT" and includes the following sections:

- Plant:** Valencia
- Team:** [Empty]
- Process:** N7 Línea 4l
- Date:** 30/07/2014
- 1 - Problem description:** Includes a table with columns: Problem level, System, Pathway, Connection, and Activity (circled in red).
- 2 - Root cause:** [Empty]
- 3 - Proposed countermeasure:** [Empty]
- 4 - Expected outcome:** [Empty]
- 5 - Actual outcome:** [Empty]
- 6 - Learnings:** [Empty]
- Key Contact NAME:** Juan Cardona
- Email:** Juan Cardona/ES/TEN
- Phone:** +34 96.121.96.00

Ilustración 19: Estructura A3 Tenneco

This form includes a header with the following information:

- ID:** 11325
- Date:** 30/07/2014
- Línea de fabricación:** N7 Línea 4l
- Responsable:** Juan Cardona
- Mentor:** Manuel Vilena
- Equipo:** [Empty]
- Observaciones:** Contact port reduction
- Asignado a:** [Empty]
- Prioridad:** [Empty]
- Cerrado:** 01/08/2014
- Revisado:** 09/09/2014
- TQM:**
- C3:**

The main body of the form is divided into two columns:

- Left Column:**
 - 1 - Descripción del problema:** [Empty]
 - 2 - Causa raíz:** [Empty]
 - 4 - Resultado esperado:** [Empty]
 - 5 - Resultado obtenido:** [Empty]
- Right Column:**
 - 1 - ¿Por qué?**
 - 2 - ¿Por qué?**
 - 3 - ¿Por qué?**
 - 4 - ¿Por qué?**
 - 5 - ¿Por qué?**
 - 6 - ¿Por qué?**
 - 7 - ¿Por qué?**
 - 8 - ¿Por qué?**

There is a small penguin icon in the center of the form.

Ilustración 20: Estructura A3 Tenneco con análisis del problema

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Entre las ventajas del informe A3 podemos citar las siguientes:

- Enfoque sencillo y fácil para la resolución de problemas.
- Eliminar la mala costumbre de llegar a conclusiones antes de haber pensado en cuál puede ser la causa primaria del problema.
- Proporciona un proceso sistemático lógico de pensamiento.
- Se resume todo el proceso en una hoja de papel reduciéndose solamente a la información necesaria.

4.6. Conclusiones

Entre las ventajas de utilizar los citados métodos de resolución de problemas se encuentra su extremada sencillez, son métodos que resumen a lo esencial la resolución de un problema sin caer en datos que carecen de utilidad, además permiten que personas ajenas al equipo comprendan y se involucren el caso.

Los 4 métodos expuestos comparten básicamente los mismos pasos como puede observarse en la Ilustración 13, para este caso se seguirá un modelo DMAIC en vez de un PDCA debido a la gran cantidad de datos que vamos a manejar. Para la resolución del problema que nos atañe es muy probable que se lleven a cabo diferentes experimentaciones, estas serán recogidas en A3 así de una forma ordenada podremos seguir la evolución en el tiempo del problema.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

5.1 Introducción

En este capítulo se pretende dar una idea aproximada de la línea de montaje de la válvula describiendo cada estación que atraviesa el producto y las transformaciones a las que se ve sometido, desde que entra la materia prima hasta que sale el producto acabado.

Seguidamente se explican los diferentes fallos que se detectan en la válvula y que son el objeto de este trabajo siendo necesario un plan de actuación (último punto del capítulo) para su completa eliminación.

5.2 Descripción del proceso de montaje

A continuación se puede observar un despiece de todos los componentes de la válvula

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

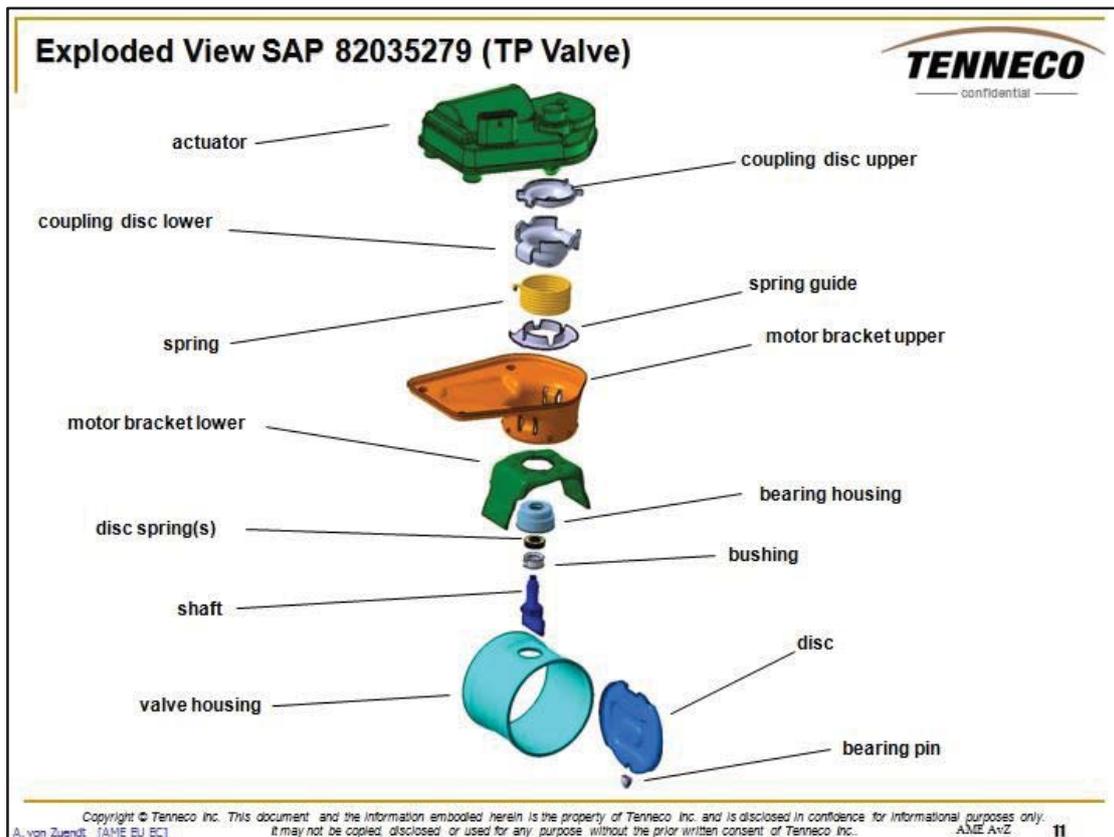


Ilustración 21: Despiece válvula electrónica

5.2.1. Lugar de trabajo

La línea de montaje se compone de una célula en forma de “U”, de esta forma se reducen los trayectos que deben realizarse entre las diferentes estaciones de montaje, otra ventaja es que la materia prima y el material elaborado se depositan en sitios cercanos, haciendo más fluido el transporte (*one piece flow*, metodología Lean). La mayoría de acciones que se realizan sobre la pieza son de soldadura.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

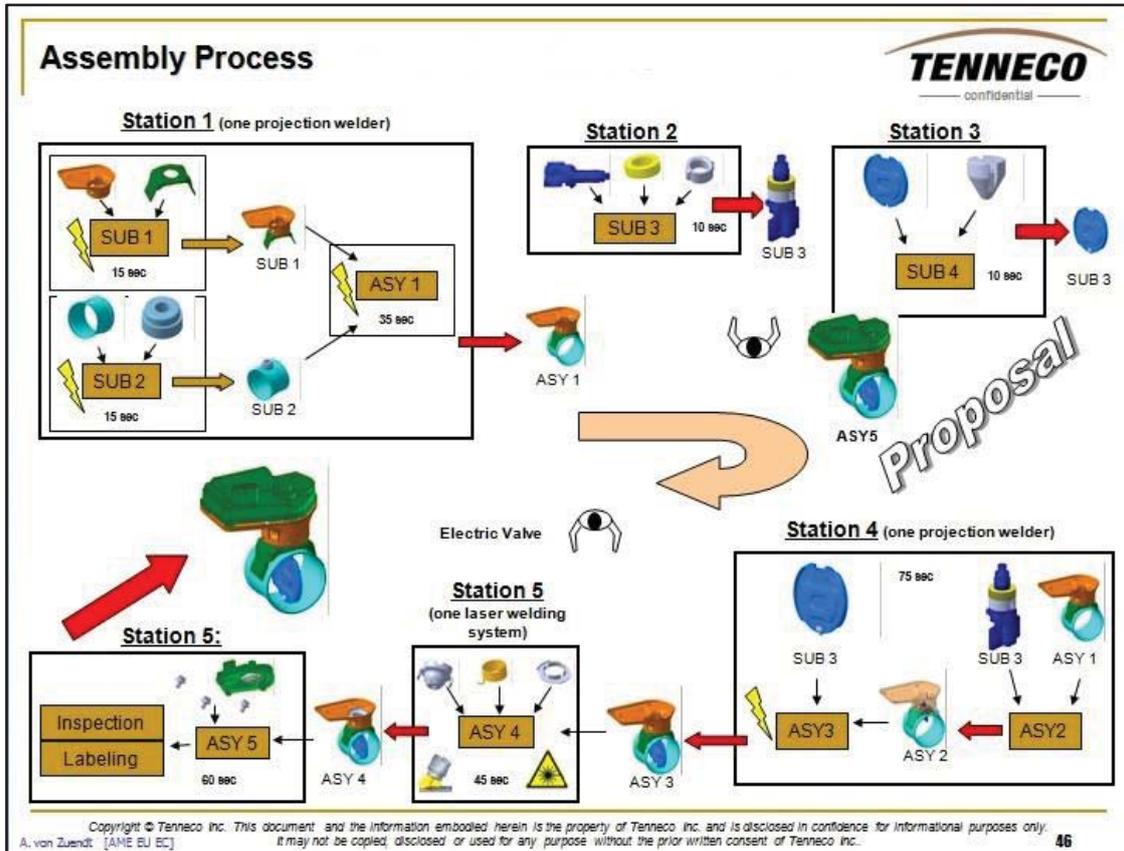


Ilustración 22: Línea de montaje

Estación 1: Consta de una punteadora y de un carrito que se va deslizando como se puede observar en la Ilustración 23, de esta forma se puede realizar hasta 4 soldaduras en una misma tanda. Es una soldadura eléctrica, se genera calor mediante el paso de una corriente eléctrica a través de las piezas en la zona de unión controlando el tiempo y la presión efectuada. Las piezas de metal que van a unirse son presionadas por los electrodos de la máquina soldadora de manera que hagan buen contacto eléctrico. Cuando pasa la corriente eléctrica, se calientan hasta que se empiezan a derretir, el metal fundido de las dos piezas fluye y las piezas se unen. Las principales ventajas de este tipo de soldadura es su sencillez ya que no requiere ningún tipo de preparación y la alta velocidad del proceso.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

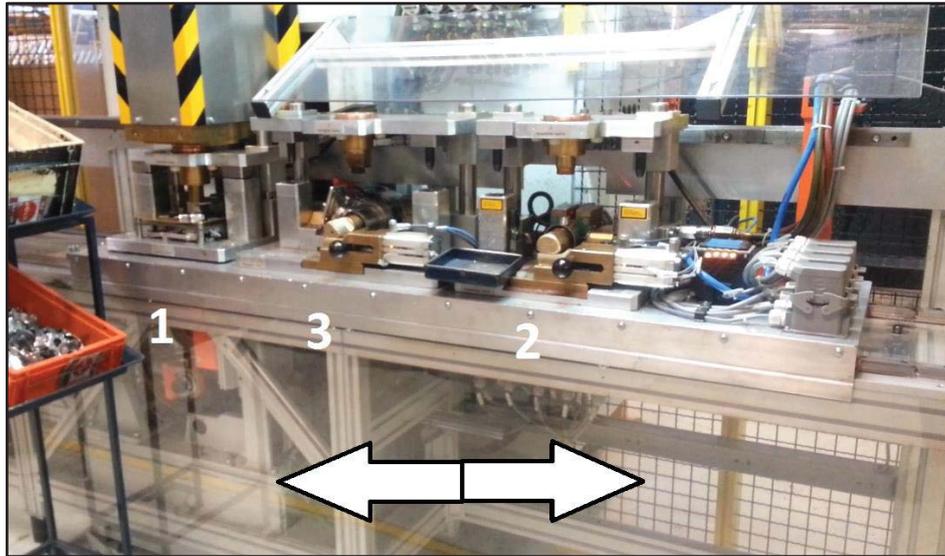


Ilustración 23: Estación 1

En este proceso las subestaciones 1 y 2 reciben solamente una descarga eléctrica para su soldadura mientras que la subestación 3 recibe dos descargas, una en cada pata del motor *bracket lower* para unirse con el *valve housing*, el carrito sobre el que se ubica esta unión se gira automáticamente no habiendo necesidad de intervención de ningún operario.

De la subestación 1 obtenemos:



Ilustración 24: Sub 1: motor bracket upper + motor bracket lower

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

De la subestación 2:



Ilustración 25: *Sub 2: Valve housing + bearing housing*

De la subestación 3:



Ilustración 26: *Asy 1: Sub1 + Sub2*

Estación 2: Consiste en un proceso automatizado para introducir los 8 *disc springs* (pequeñas arandelas) en el *shaft*, previamente el operario introduce un carrito con 8 *shafts* y sus correspondientes *bushings*. La máquina encargada de realizar este proceso (llamada mafu) dispone de un tambor Ilustración 28, donde son introducidos los *disc springs* a granel. Los *disc springs* no son iguales por las dos partes, tienen una cara convexa y otra cóncava y se deben colocar de forma alternativa de forma que las caras convexas y las cóncavas deben ir siempre enfrentadas imitando el mecanismo de un muelle.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015



Ilustración 27: mafu



Ilustración 28: Tambor mafu

La función del tambor es proveer de *disc springs* al selector, éste deja pasar alternativamente las arandelas en función de la posición en la que se encuentren (cara cóncava arriba o abajo) para no dejar pasar dos en la misma posición. Tras el selector hay una cinta corredera que transporta las arandelas desde el selector hasta el *shaft*, como se puede observar en la Ilustración 29, se disponen unas agujas cuya función es evitar el solape y que se monte una arandela sobre otra.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015



Ilustración 29: Cinta transportadora mafu

Al finalizar el proceso obtenemos el carrito que introdujo el operario con 8 conjuntos de piezas como el siguiente:



Ilustración 30: Sub 3

Estación 3: Esta estación el trabajado es llevado a cabo íntegramente por el operario, introduce el *bearing pin* en el *disc*, formando la *Sub 4*. La *Sub 3* sacado de la estación 2 se introduce dentro de la *Asy 1* de la estación, de esta unión tenemos la *Asy 2*. *Sub4* y *Asy2* se juntan para formar *Asy3*.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Paso 1:



Ilustración 31: Sub 4

Paso 2:

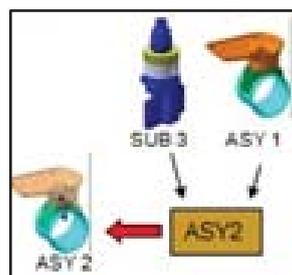


Ilustración 32: Asy 2

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Paso 3:



Ilustración 33: Asy 3

Estación 4: Se coloca el Asy3 de la estación 3 en la punteadora 2. Se sueldan el *shaft* con el *disc* quedando ya un conjunto sin partes sueltas. Este proceso es crucial ya que en él se define el eje de rotación del disco. La soldadura es eléctrica como en la estación 1. En este proceso obtenemos la *Asy 3*, no se hacen distinciones en el nombre entre antes y después de la soldadura

Juan Cardona Peydro, Julio 2015



Ilustración 34: Punteadora 2

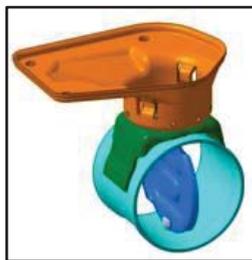


Ilustración 35: Asy 3

Estación 5: Se coloca dentro del motor *bracket upper* el *spring guide*, *spring* y *coupling disc lower*. Esta estación suelda el *coupling disc lower* con el *shaft*. A la soldadura se le da la orientación adecuada para que en el estado de reposo del muelle el disco quede abierto (por medidas de seguridad del automóvil). Se produce una soldadura TIG, ésta se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente de tungsteno, dada la elevada temperatura de fusión del tungsteno acompañada de la protección del gas, la punta del electrodo apenas se desgasta tras su uso prolongado. La gran ventaja de este método de soldadura es la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera y el baño de fusión.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

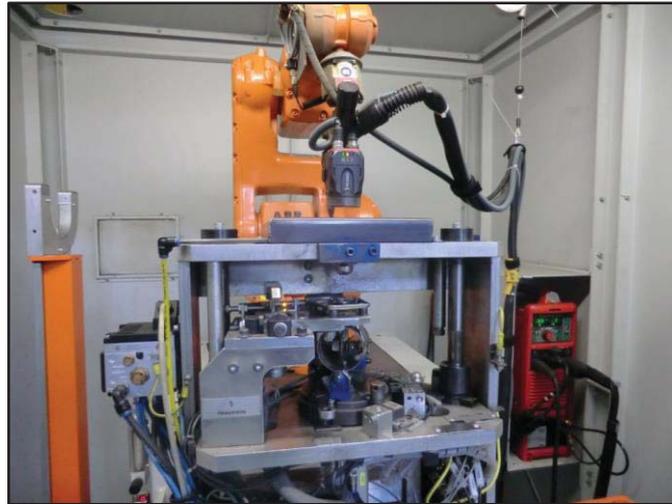


Ilustración 36: Estación T.I.G.

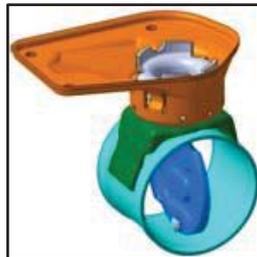


Ilustración 37: Asy 4

Estación 6: El *End of Line* (E.O.L.) se compone de 4 subestaciones en las que en cada una se somete la válvula a una serie de test para determinar si son adecuadas para su montaje en el vehículo, al final del proceso la estación separa de las que han pasado todos los test de las que tienen un error. En la primera subestación el operario junta la *Asy 4* con el motor y el *coupling disc upper*. El conjunto del motor con el *coupling disc upper* está dispuesto en una caja (montados previamente) lo más cercana posible al operario para que tenga que recorrer el menor espacio posible.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015



Ilustración 38. E.O.L. 1



Ilustración 39: E.O.L. 2

Quality Wall: Las revisiones de las válvulas para comprobar que son válidas las realizan fuera de la línea de montaje unos operarios en una sala insonorizada del resto de la fábrica, recibe el nombre de *Quality Wall*. Esta última parte de la cadena de producción es la que nos da los datos sobre “cómo se están haciendo las cosas” en la línea. Cada día se elabora un informe con las piezas inspeccionadas y las defectuosas, obteniendo un *feed-back* sobre los cambios realizados en línea.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

VERIFICACION VALVULAS - ESTUDIO PIN DOBLADO								
FECHA	REFERENCIA	ORDEN PRODUCCION	VERDE - BLANCO	VERDE - NEGRO	ROJO PIN RATLING	RESULTADO		
						GIRA DESPACIO		MOTO
						PROBLEMA MONTAJE	PROBLEMA MOTOR	
30.6.2014	82209394	4772404	232	24				
30.6.2014	82209398	4781617	241	14		① SE ENGANCH AL ABUJ. .		
30.6.2014	82209408	4772413	175	14		③ SE ENGANCH AL ABUJ. .		
30.6.2014	82209398	4781616	131	10	①	② SE ENGANCH AL ABUJ. .		

Ilustración 40: Reporte del Quality Wall

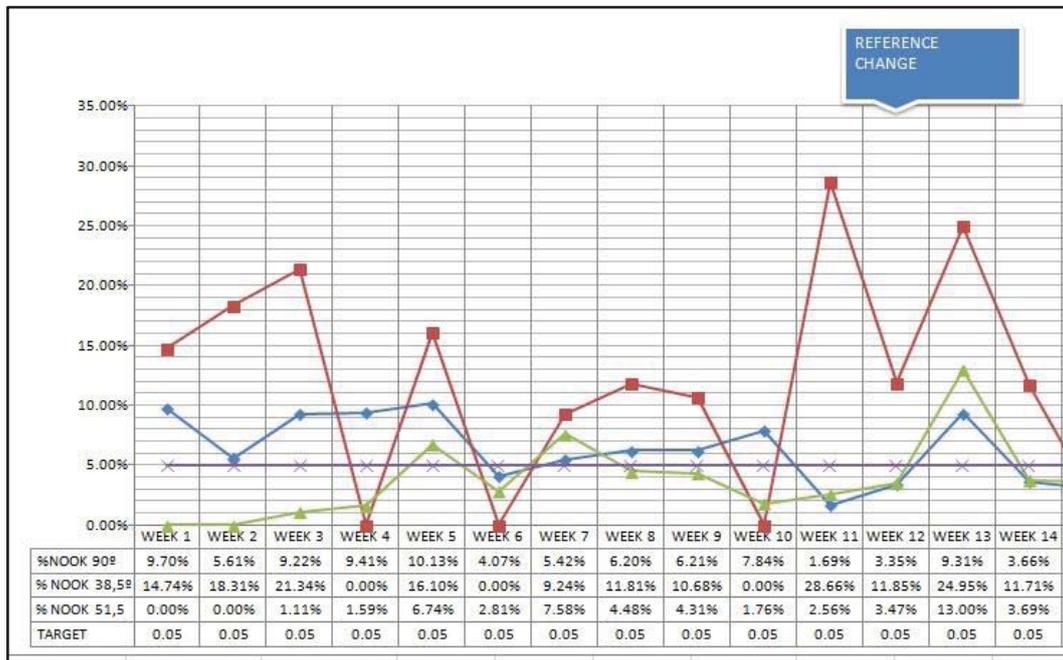


Ilustración 41: Métrica del % de rechazo en el Q.W. de las tres referencias

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Los puntos de contacto se comprueban colocando la válvula al trasluz y viendo si hay un contacto, por pequeño que sea, entra disco y casquillo, mientras que el ruido del pin se chequea con el disco cerrado empujando por ambas partes la pieza cerámica, si está muy suelto será una válvula roja.



Ilustración 42: Revisión puntos de contacto en el Quality Wall

5.3. Descripción de los defectos

El objeto de estudio es una válvula que se ubica en el tramo final del tubo de escape. Está compuesta básicamente por un cilindro, un disco que al rotar sobre su eje permite o impide el paso de los gases de escape hacia el exterior y el motor encargado de hacer girar el mencionado disco. La válvula es atravesada por un flujo de gases que debido a su velocidad pueden dar lugar a vibraciones indeseadas en el disco, estas vibraciones del disco chocan contra el casquillo dando lugar a unos ruidos molestos que es necesario mitigar. Un requerimiento del cliente para solucionar este problema fue que el disco una vez cerrado debía tocar por ambos lados del eje al casquillo, es decir:

Juan Cardona Peydro, Julio 2015



Ilustración 43: Puntos de contacto del disco con el casquillo

Debía haber al menos un punto de contacto entre las 12 y las 6 (parte derecha del eje) y las 6 y 12 (parte izquierda del eje) como se observa en la Ilustración 43, con esta solución se reducen las vibraciones y los ruidos. A las válvulas que no cumplen esta condición se les denomina informalmente “negras”.

Otro motivo de rechazo es el fallo por ruido de pin, es de naturaleza similar al de los puntos de contacto. La parte inferior del disco se apoya en el casquillo mediante una pequeña pieza cerámica.



Ilustración 44: Pin cerámico

Esta pieza cerámica (llamada pin) en el caso de que no esté sujeta con fuerza entre el disco y el casquillo da lugar a un zumbido molesto que es necesario eliminar. A las piezas que tienen este fallo se les denomina válvulas “rojas”. Inicialmente este no es un problema grave, ya que los porcentajes de este fallo rondan el 1% y no es un problema prioritario, siendo de mayor importancia

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

solucionar los problemas con las válvulas negras cuyo porcentaje es mayor del 10% de rechazo de la producción total con lo que el plan de acción estará enfocado a reducir este último porcentaje.

En la empresa se fabrican tres tipos de válvulas, cada una con diferentes inclinaciones entre la base y el casquillo.

TP – inclinación de 90°

AFM – inclinaciones de 38,5° y 51,5°

La que peor se comporta (con amplia diferencia) en el registro histórico es la de 51°

5.4. Plan de acción

Para reducir los porcentajes de piezas defectuosas desde el 10% hasta el objetivo del 5%, se inició un plan basado en la filosofía Lean y su herramienta de los A3.

Encontrar una causa raíz no es fácil, debe ser estudio de horas de observación. Una forma de facilitar este proceso es una reunión entre todo el equipo para que cada uno aporte su opinión y punto de vista diferente, esto es lo que se hizo al principio del proyecto.

Como fase inicial del proyecto se realizó un mapa de procesos como puede observarse en la Ilustración 45 y en la

Ilustración 46 con el fin de clarificar el proceso de producción y tener en cuenta todas las acciones a las que es sometida la válvula.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

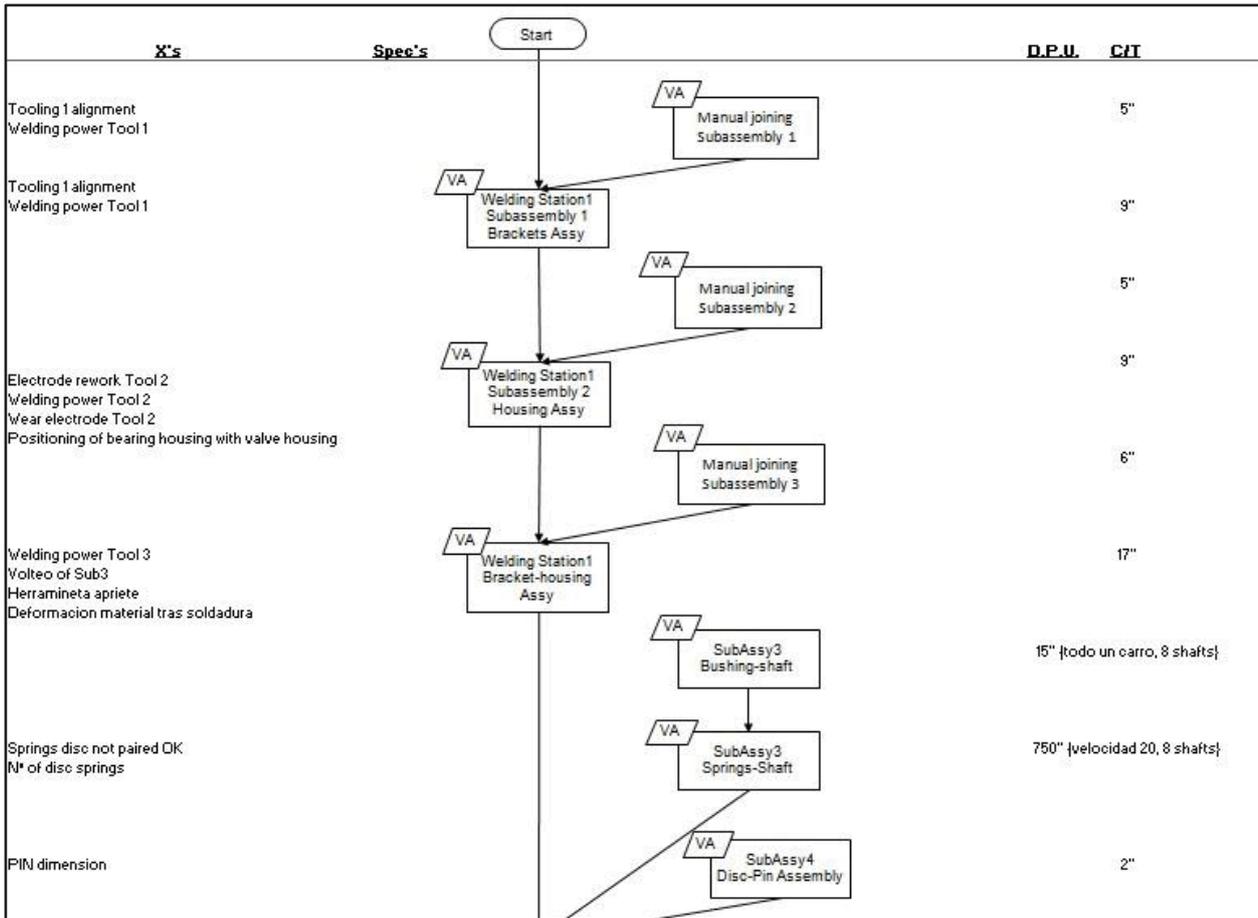


Ilustración 45: Mapa de procesos 1

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

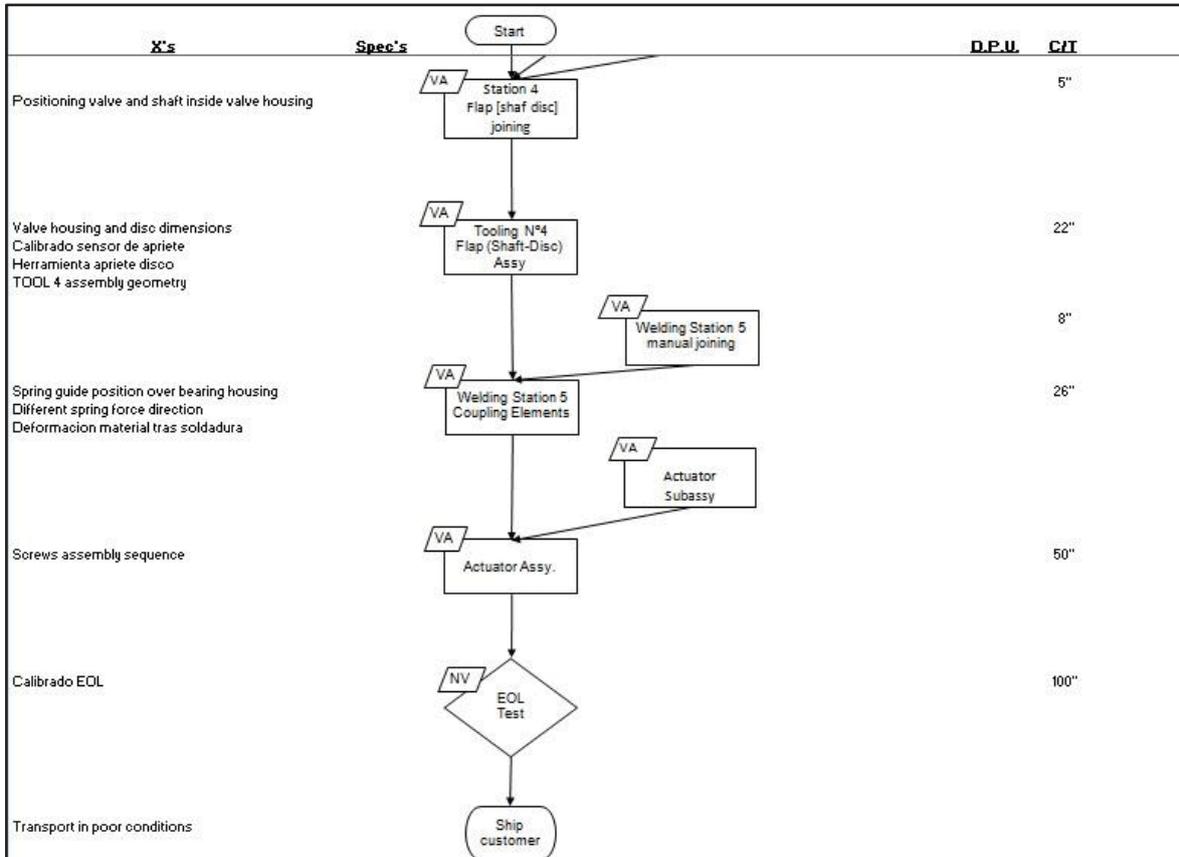


Ilustración 46: Mapa de procesos 2

A continuación se reunió a todo el equipo que está en contacto con el producto, tanto operarios como ingenieros, para que todos dieran argumentos al fallo que se estaba produciendo. Una vez reunidas todas las causas se realiza un diagrama de Ishikawa (Ilustración 47) para ordenarlas según su naturaleza y se ponderan en un diagrama YX (Ilustración 48 e Ilustración 49) para establecer un orden de actuación, esta ponderación es a criterio de cada trabajador.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

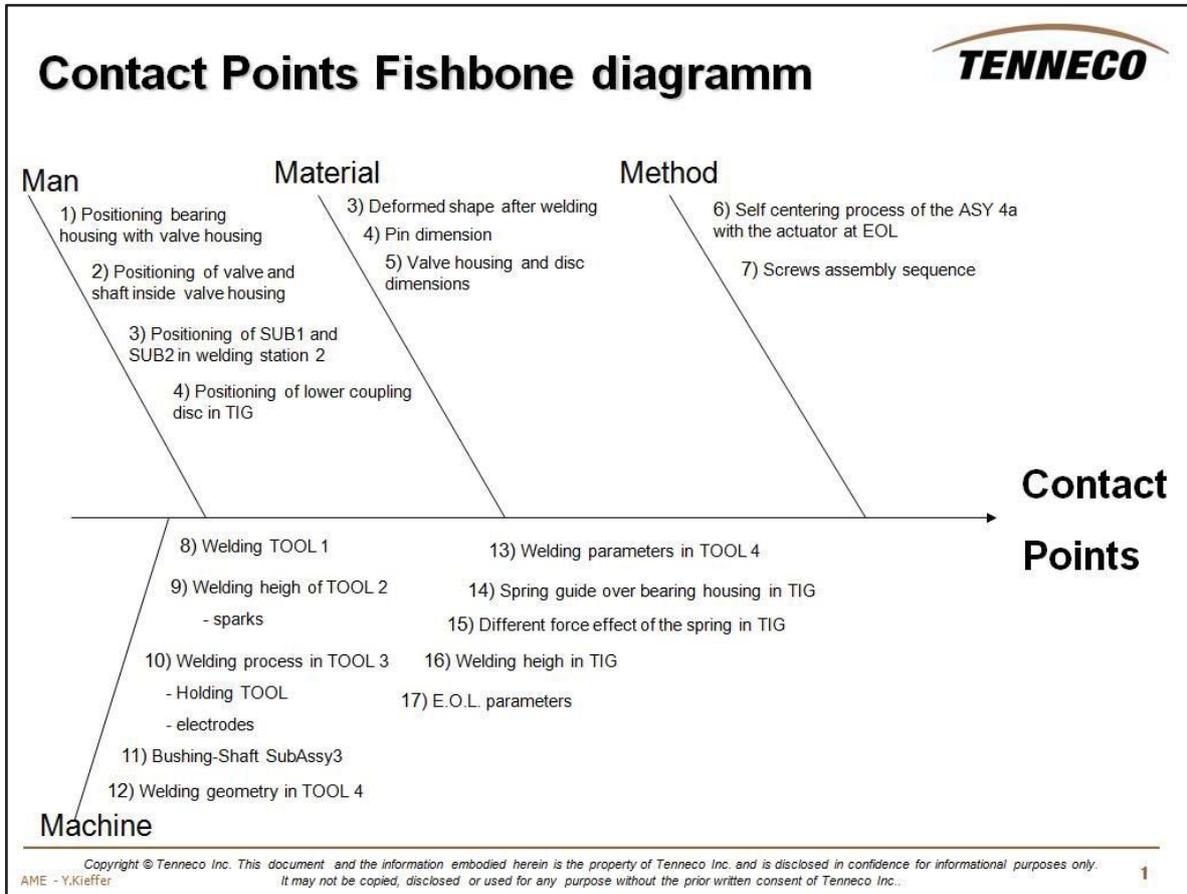


Ilustración 47: Diagrama de Ishikawa

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

		Output Variables (Ys)	Description	CONTACT POINTS	1
Input Variables (Xs)				10	
					Ranking
1	Tooling 1 alignment			4	40
2	Welding power Tool 1			2	20
3	Electrode rework Tool 2			3	30
4	Wear electrode Tool 2			5	50
5	Welding power Tool 2			9	90
6	Desgaste apoyo corredizo Tool 2			2	20
7	Welding power Tool 3			3	30
8	Electrodes Tool 3			10	100
9	Loop of Sub3 in Tooling 1			7	70
10	Desgaste apoyo corredizo Tool 3			2	20
11	N° of disc spring			6	60
12	Spring disc not paired OK			4	40
13	Electrode wear TOOL 4			9	90
14	Calibrado sensor de apriete TOOL 4			4	40
15	Welding parameters TOOL 4 (pressure)			9	90
16	Herramienta apriete disco TOOL4			5	50
17	TOOL 4 Assembly geometry			10	100
18	Spring guide position over bearing housing TOOL 5			8	80
19	Different spring force direction			9	90
20	Positioning of bearing housing with valve housing			6	60
21	Positioning of disc and shaft inside valve housing			5	50
22	Screws assembly sequence			5	50
23	Deformacion del material despues de soldadura			8	80
24	Pin dimension			6	60
25	Valve housing and disc out of tolerances			8	80

Ilustración 48: Ponderación de las X en el diagrama YX

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

6. PRIMERA CADENA DE A3

6.1 Introducción

La causa mejor valorada por todo el equipo fue que el error provenía de los electrodos de la subestación 3 en la punteadora 1 debido a un hecho fortuito.

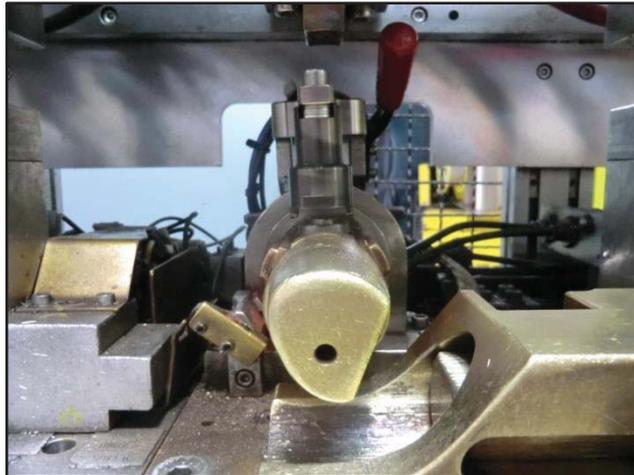


Ilustración 50: Apriete herramienta 3

En los planos está establecido que estos electrodos deben tener una altura de 5 mm. Estos electrodos no son simétricos como se observa en Ilustración 52, en su parte superior tienen una pequeña curvatura para adaptarse a la cara interna del *valve housing*, por una mala práctica estos electrodos se estaban colocando siempre al revés, haciendo imposible introducir el casquillo con lo que los electrodos eran re-trabajados hasta 4.8 mm. En un cambio rutinario de electrodos se siguieron montando al revés, pero esta vez el *team leader* mandó que se re-trabajasen a 4,7 mm. A pesar de esto, se obtuvieron unos resultados excelentes, de 1783 piezas examinadas tan solo 70 resultaron defectuosas por los puntos de contacto, esto es un 3.92% de rechazo de piezas, por debajo del objetivo planteado en un inicio.

Dada esta mejoría, los electrodos de la herramienta 3 se suponían un factor clave para reducir el porcentaje de puntos de contacto. Se inició una cadena de A3 para determinar la mejor geometría de soldadura.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

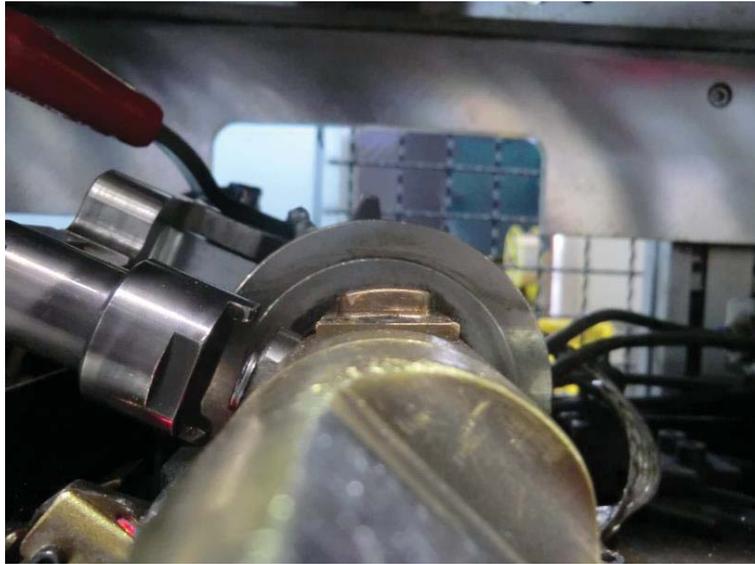


Ilustración 51: Detalle de curvatura electrodo herramienta 3



Ilustración 52: Electrodo herramienta 3 con valve housing en posición de soldadura

El problema de soldar con electrodos re-trabajados a 4.7 mm y puestos del revés era que la soldadura era irregular, debido a su geometría solo tocaba en un punto como se puede observar en la Ilustración 54, deformando el *valve housing*. Justo en esta deformación el disco tocaba al casquillo con lo que estábamos forzando que hubiese un punto de contacto deformando el material.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

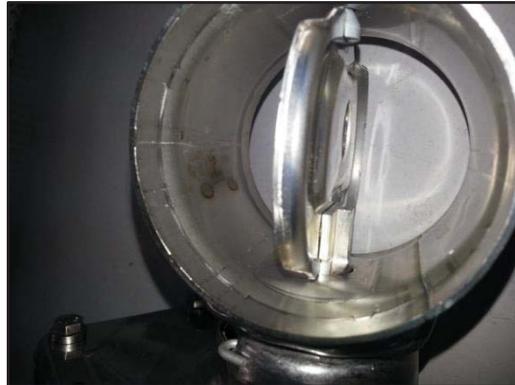


Ilustración 53: Soldadura irregular



Ilustración 54: *Valve housing* deformado por soldadura con electrodo re-trabajado a 4.7mm y montado al revés

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

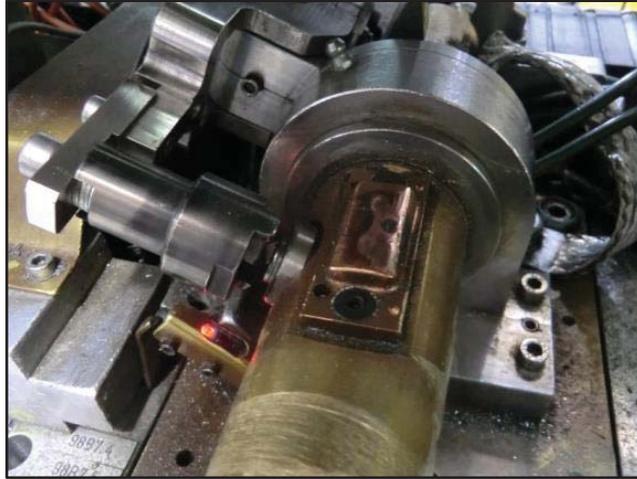


Ilustración 55: Mayor desgaste del electrodo en las zonas de contacto puntual con el *valve housing*

6.2 Experimentación

Con el fin de eliminar esta soldadura irregular y no deformar el material se realizaron pruebas con un electrodo de 5mm colocado correctamente, de esta forma hay más superficie de contacto entre electrodo y casquillo y la soldadura es uniforme.

Tras 3646 válvulas → 6.45% defectuosas

La soldadura era mejor y no se deformó el material pero los porcentajes de rechazo eran alrededor de 2.5 puntos porcentuales peores que con los electrodos re-trabajados a 4.7 mm. De este A3 sacamos como conclusión que la geometría de 4.7 mm parece vital para reducir las pérdidas.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Con el fin de asegurarnos que los electrodos de 4.7 mm montados al revés es la mejor geometría para la soldadura se inició otro A3. Para poder estandarizar esta forma de operar es necesario soldar las tres referencias (90º,51.5º y 38.5º ya que de las tres referencias con las que se trabaja hay una que es la que tiene los porcentajes de rechazo más elevados con diferencia) para comprobar que los datos obtenidos anteriormente no fueron coincidencia. A pesar de que la soldadura es irregular pasó las pruebas.

Tras 755 válvulas → 14.3% defectuosas

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT													
Plant: Valencia			ID 12079										
Team:	Process: N7 Línea 4I	Date:											
1 - Problem description <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 15%;">Problem level:</th> <th style="width: 15%;">System</th> <th style="width: 15%;">Pathway</th> <th style="width: 15%;">Connection</th> <th style="width: 15%;">Activity</th> </tr> <tr> <td colspan="5"> Despite contact points problems seem to disappear due to electrode in TOOL 3 reworked to 4,7 mm, this electrode welds in an irregular way, deforming valve housing shape. This deformation forces the disc to touch valve housing exactly at welding height, as it is shown in the images attached. </td> </tr> </table>		Problem level:	System	Pathway	Connection	Activity	Despite contact points problems seem to disappear due to electrode in TOOL 3 reworked to 4,7 mm, this electrode welds in an irregular way, deforming valve housing shape. This deformation forces the disc to touch valve housing exactly at welding height, as it is shown in the images attached.					3 - Proposed countermeasure QUICK EXPERIMENTATION If we change the electrodes orientation (right side to left side) there is more contact between curve surface (no symmetric) of the electrode and valve housing. This should not deformate the shape doing a better welding. A entire production of a day will be done with changed electrodes orientation and not reworked (5 mm)	
Problem level:	System	Pathway	Connection	Activity									
Despite contact points problems seem to disappear due to electrode in TOOL 3 reworked to 4,7 mm, this electrode welds in an irregular way, deforming valve housing shape. This deformation forces the disc to touch valve housing exactly at welding height, as it is shown in the images attached.													
2 - Root cause Geometry of the electrode is not the best one to do the welding		ACTIVITY Define the correct way to colocate the electrodes and its rework SYSTEM Valencia Q.W.											
4 - Expected outcome Continue with the rates of black valves, below 5 %		5 - Actual outcome After 3646 valves welded with no reworked electrodes (5 mm) → 6,45 % of black valves											
		6 - Learnings a. Expected vs Actual There is a 1,45% of difference between expected and obtained result and 3% (worse) difference between 4,7 mm electrodes b. Overall learnings Rework and positioning of electrodes in TOOL 3 is vital for reduce black valves. Welding with 4,7 mm reworked electrodes should be tested to be sure is OK due t the good results of this.											
Key Contact NAME: Juan Cardona		Email: Juan Cardona/ES/TEN											
		Phone: +34 96.121.96.00											
Versión 2 del 07/10/2012. Realizado por Carmelo Anaya													

Ilustración 56: A3 electrodo de 5mm en herramienta 3

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Lecciones aprendidas: se confirma que la geometría de 4,7 mm no es la más indicada por los altos porcentajes de rechazo obtenidos, además debido a la soldadura irregular y a su alta variabilidad de porcentaje de rechazo (justo lo que queremos evitar) se prefiere soldar con la geometría de 5mm, esto queda reflejado en el correspondiente A3 en la Ilustración 57.

Con los electrodos de 5mm conseguimos un 6.45% de rechazo, está muy por debajo de nuestro porcentaje inicial y se aproxima al 5% establecido como objetivo. Dada esta mejoría al aumentar la altura del electrodo, queremos comprobar si aumentando más, se consiguen mejores resultados. Para este A3 usaremos la configuración de los electrodos de 5 mm montados correctamente y con un suplemento inferior de una lama de cobre de 0.1 mm.

Tras 635 válvulas inspeccionadas → 6.93% son defectuosas por puntos de contacto

Lecciones aprendidas: los porcentajes son similares a los obtenidos con los electrodos de 5mm, sin embargo en esta prueba no se soldó la referencia más problemática, lo que haría aumentar los porcentajes de rechazo, A3 en la Ilustración 58.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT

ID 12127

Plant: Valencia

Date:

Team:

Process: N7 Línea 4I

1 - Problem description

Problem level:	System	Pathway	Connection	Activity
After results obtained in 'A3 12079' we can say that electrodes in TOOL 3 are vital for contact points problem. There is a huge difference between rates of black valves done with 4,7 mm reworked electrodes and 5 mm electrodes in TOOL 3.				
4,7 mm electrodes --> 2932 valves welded 4,39% BLACK				
5 mm electrodes --> 1550 valves welded 10,96% BLACK				

2 - Root cause

Electrode of 4,7 mm reworked and joined up side down is (by the moment) the best configuration to avoid contact points problem

3 - Proposed countermeasure

QUICK EXPERIMENTATION

Despite weld is not the best one, it passes the welding test. A entire box of the reference 82209432 will be done with reworked electrodes at 4,7 mm and joined up side down. The data obtained in experimentations before proves that despite being the worst reference by far, in 'black' and 'red' valves it has better rates with this electrodes.

82209432 5 mm electrodes --> 656 valves
17,37% BLACK
82209432 4,7 mm electrodes --> 612 valves 7,84




4 - Expected outcome

Have rates below 5% in red and black valves

5 - Actual outcome

After 755 valves -->
- 14,30% 'BLACK' VALVES
- 1,43% 'RED' VALVES

6 - Learnings

a. Expected vs Actual
Rates of black valves are much higher than expected. Three boxes were done with this electrodes, 2 of the reference 82209432 with 18,56% black and 1 of the reference 82209446 with 5,5% black. Global percentage of this valve is 15,17%

b. Overall learnings
Due to the welding test, where only 2 of 3 projections are OK and the similarities with % of black valves with 5mm electrode, this way of work isn't the best one

Key Contact NAME: Juan Cardona

Email: Juan Cardona/ES/TEN

Phone: +34 96.121.96.00

Versión: 2 del 07/10/2012. Realizado por Carmelo Araya

Ilustración 57: A3 electrodo de 4,7 mm y montado al revés en herramienta 3

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT

ID: 12139

Plant: Valencia

Process: N7 Línea 4I

Date:

Team:

Key Contact NAME: Juan Cardona

Email: Juan Cardona/ES/TEN

Phone: +34 96.121.96.00

1 - Problem description

Problem level:	System	Pathway	Connection	Activity
After 3646 valves welded with 5mm electrode in TOOL 3, 235 were NOOK due to contact points making a percentage of 6,4%, 1,4 points more than the target of 5%.				

2 - Root cause

Welding geometry is not the best one

3 - Proposed countermeasure

QUICK EXPERIMENTATION

In order to reduce % of 'black' valves a entire production will be done with 5mm lower electrodes in TOOL 3 supplemented with a 0,1 mm fill. With this geometry, valve housing has less gap with electrode and weld has to be less aggressive than with 4,7 mm newhead electrode.

ACTIVITY

Define the best geometry for welding in TOOL 3

SYSTEM

Valencia O.W.





4 - Expected outcome

Continue with the rates below 5% of red valves
Percentage below 5% of 'black valves'

5 - Actual outcome

After 635 valves welded with this supplement:
- 6,93% BLACK
- 0,63% RED

6 - Learnings

a. Expected vs Actual
Red valves rates does not change.
Black valves has similar rates than with 5mm electrode (0,09%). But with this configuration we didn't try reference (22094,32 (the worst one) so we will weld with 5mm electrodes

b. Overall learnings

Key Contact NAME: Juan Cardona

Version 2 del 07/10/2012. Realizado por Carmelo Araya

Ilustración 58: A3 electrodo 5mm con suplemento de 0.1 mm en herramienta 3

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

6.3 Conclusión

Entre estas dos opciones los de 5,1 mm tienen un rechazo global menor 7.56% frente al 10.29% de los electrodos de 5mm, esto es debido a las válvulas rojas, sin embargo esta causa de rechazo Tras estos 3 A3 realizados con diferentes geometrías de soldadura en la herramienta 3 podemos asegurar que realizar la soldadura con electrodos de 5mm no re-trabajados es la mejor forma para soldar en la subestación 3, sin embargo no hemos rebajado los porcentajes hasta nuestro objetivo del 5% con lo que será necesario seguir probando más causas.

En la Tabla 2 se muestran los porcentajes de rechazo desde la semana 1 del año 2014 hasta la semana 35. Cada fila se corresponde a producciones de piezas realizadas con diferentes electrodos en la subestación 3 de la punteadora 1. Como se puede comprobar la inmensa mayoría han sido realizados con un electrodo de 4.8 mm (y puesto del revés) obteniéndose unos rechazos por puntos de contacto del 10,29%, estos valores corresponden a la producción realizada hasta que se comenzó a realizar el ciclo de mejora continua en este proceso. De entre las demás opciones (4'7 mm, 5 mm, 5'1 mm) optaremos por soldar con el electrodo de 5mm. A pesar de que los electrodos de 4'7 mm y montados al revés tienen unos mejores porcentajes globales, se puede observar en la Ilustración 57 que hay una gran variabilidad en los resultados, concretamente en ese A3 se consiguieron valores de rechazo, tras 755 válvulas, de un 14.3%, haciendo ver que esta no era la causa raíz del problema. Entre los electrodos de 5mm y 5,1 mm escogemos los de 5mm por la causa expuesta anteriormente de que no se probaron los electrodos de 5,1 mm con la referencia más problemática lo que haría, supuestamente, empeorar los porcentajes está de momento en segundo plano debiéndonos centrar solamente en reducir las válvulas negras.

TOOL 3 ELECTRODE	TOTAL VALVES	% BLACK	RED		TOTAL REJECT	
4,7mm	2455	4.89%	8.22%			17.30%
4,8 mm	107134	10.29%	2.37%			12.75%
5 mm	3858	6.09%	4.44%			10.29%
5-0,1mm	635	6.93%	0.63%			7.56%

Tabla 2: Estadísticas globales de rechazo

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

7. SEGUNDA CADENA DE A3

7.1 Introducción

Tras comprobar que los electrodos es un factor importante pero no causa raíz de nuestro problema, seguimos adelante con las experimentaciones (ciclo de mejora continua PDCA). Ahora toca bajar hasta el segundo en el diagrama YX (Ilustración 49)

En este segundo puesto se encuentra la geometría de la soldadura en la punteadora 2. En esta estación según como esté soldado el disco (su inclinación, si está más desplazado hacia un lado que hacia otro, su altura) con el *shaft*, se definirá un eje de rotación u otro, siendo un aspecto vital para los puntos de contacto. El casquillo junto con el disco y el *shaft* son colocados en un soporte en el que queda mucho hueco para poder “jugar” y cambiar la posición de la soldadura, así que se inicia una cadena de A3 para establecer la mejor geometría.



Ilustración 59: Soporte punteadora 2

7.2 Experimentación

Tras revisar cientos de piezas, tanto buenas como malas se observa que en la inmensa mayoría hay un punto de contacto a las 3 horas siguiendo el criterio expuesto en la Ilustración 43, con lo que el objetivo será forzar la pieza para que al soldar haya un punto de contacto a la otra parte del disco, por ejemplo a las 9 horas.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

7.2.1 Suplemento inferior centrado

Para forzar la válvula se dispusieron trozos de cinta aislante, aproximadamente del grosor de una decima de milímetro, en distintos puntos del soporte y se observaron los resultados.

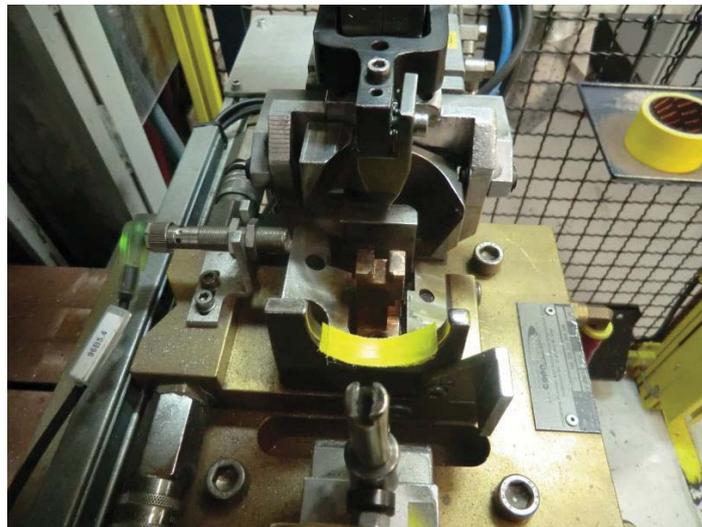


Ilustración 60: Suplemento inferior centrado

El primer experimento se realizó con un suplemento en la parte inferior del soporte como muestra la Ilustración 61 obteniéndose los siguientes resultados:

Resultado del ensayo realizado con las válvulas de 51.5º:

256 válvulas sin suplemento → 15% rechazo
65 válvulas con suplemento → 0% rechazo

Lecciones aprendidas: Debemos continuar con la experimentación a fin de tener una muestra representativa para estar seguros de que esta configuración es la óptima para soldar. Este experimento fue interrumpido debido a un cambio de electrodo pudiendo falsear los resultados

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Plant: Valencia

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT

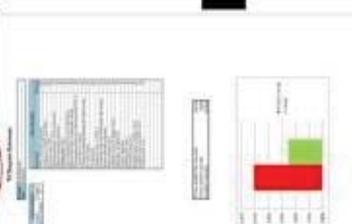
ID: 12047

Team:

Process: N7 Línea 4I

Date:

1 - Problem description

Problem level:	System	Pathway	Connection	Activity
As we can see in the YX matrix "Tool 4 assembly geometry" might be a key factor for contact points causing an approximate loss to the company of 300K€ on its first production year, and tendence seems not to improve. More details on (G:\Gillet\Proyectos\Documentos\GM\VALVULA GM Corvette\6Sigma CPI>Contact Points\Report)				

2 - Root cause

After many valves inspected we can assume that almost every valve has a contact on its right side (at 3 o'clock) no matter if valves are red, yellow or green even white or black. 3 hour is the most repeated contact point. This may occur due to a continuous degrade of welding Tool 4 (Assembly geometry) modifying rotation axis of disc, because time goes by and rejected pieces tendence increases. If there is a very clear and forced contact in right side, this could stop the disc turning around its axis making impossible a contact on its left side.

3 - Proposed countermeasure

QUICK EXPERIMENTATION

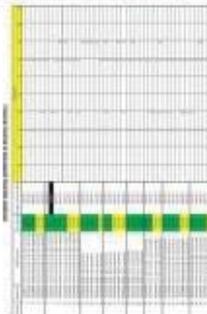
- Welding station 2 is the place where more gaps has the valve to "stay" with. After few valves done with every possible position (flipping the piece on its welding phase) we get the table attached. Because 5 or 6 pieces is not enough to prove nothing, this was only done to give a little idea of what could occur when geometry is changed. After hundreds of valves inspected we can say that the "perfect" contact points are at 3 and 9 (for pin rattling) so we forced the valve to touch the 9 (because 3 hour was not a problem). The table shows that for this combination, "MSJ left supplement" is the best one, so a entire production of valves will be done with this geometry to see if this behaviour continues.

ACTION

- Define the best geometry to weld pieces in order to achieve both:
 - no pin rattling and contact points.
- SYSTEM
- % of NOOK pieces in Valencia Q.W.



Orientation




4 - Expected outcome

- Reduce % of NOOK pieces in Valencia Q.W. due to contact points, from currently 10,24% (average from week 1 to week 32) down to 5%.
- Reduce % of NOOK pieces in Valencia Q.W. due to pin rattling, from 11,81% (average from week 28 when problem started to week 32) to a 5%.

5 - Actual outcome

After a day of production with the reference 82209446:

- 256 valves without supplement -> 184 OK 34 Black 11 Red 19 Yellow
- 15% rejected due to contact points
- 12% rejected due to pin rattling
- 65 valves with supplement -> 55 OK 0 Black 3 Red 7 Yellow
- 0% rejected due to contact points
- 15,38% rejected due to pin rattling

6 - Learnings

a. Expected vs Actual

b. Overall learnings

We should do a bigger track to be sure of the vitality of this variant. This experimentation was interrupted due to the change of electrodes in welding station1. TNCI 3 which seems to be

Key Contact NAME: Juan Cardona

Email: Juan Cardona/ES/TEN

Phone: +34 96.121.96.00

Valvula 2 del 07/10/2012. Realizado por Carmelo Anaya

Ilustración 61: A3 suplemento inferior válvulas con orientación de 51,5º

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

7.2.2. Suplemento inferior izquierdo

Ante los buenos resultados de la experimentación pasada se decidió continuar con este método cambiando en este caso el suplemento, desde la zona inferior a la zona inferior izquierda. Forzando de esta forma el casquillo se creía que se favorecerían más los contactos a las 3 y a las 9.



Ilustración 62: suplemento inferior izquierdo

Resultado del ensayo realizado con las válvulas de 90°:

256 válvulas con suplemento → 2.1% rechazo

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Plant: Valencia

Team:

Process: N7 Línea 4I

Date:

ID 12114

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT

1 - Problem description

Problem level: System Pathway Connection Activity

As we can see in the 'YX' matrix, 'Tool 4 assembly geometry' might be a key factor for contact points causing an approximate loss to the company of 300K€ on its first production year, and tendance seems not to improve. More details on (G:\Gillet\Proyectos\Documentos\GM\VALVULA GM Corvette\6Sigma CP\Contact Points\Report)

2 - Root cause

After many valves inspected we can assume that almost every valve has a contact on it's right side (at 3 o'clock) no matter if valves are red, yellow or green even white or black, 3 hour is the most repeated contact point. This may occur due to a continuous degrade of welding Tool 4 (Assembly geometry) modifying rotation axis of disc, because time goes by and rejected pieces tendance increases. If there is a very clear and forced contact in right side, this could stop the disc turning around its axis making impossible a contact on its left side.

3 - Proposed countermeasure

QUICK EXPERIMENTATION

-After 'A3 12047' we will repeat the positioning (MBU left) of the valve housing in the TOOL 4 with the reference 82209428

ACTION

- Define the best geometry to weld pieces in order to achieve both requirement: pin rattling and contact points.

SYSTEM

- % of NOOK pieces in Valencia Q.W.

4 - Expected outcome

-Reduce rates of "black valves" down to a 5%

5 - Actual outcome

AFTER 256 VALVES DONE WITH MBU LEFT SUPPLEMENT (2) IN WELDING STATION 2-->

- 2,1% BLACK
- 26,5% RED

6 - Learnings

a. Expected vs Actual

We achieve the rates for black valves but red valves has increased significantly

b. Overall learnings

Seems that welding geometry affects to contact points but we need to know if there is a relation between the geometry and the pin rattling in order to reduce the rates of red valves

Key Contact NAME: Juan Cardona

Email: Juan Cardona/ES/ITEN

Phone: +34 96.121.96.00

Version 2 del 07/10/2012. Realizado por Carmelo Anaya

Ilustración 63: A3 suplemento inferior izquierdo válvulas de 90º

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Lecciones aprendidas: Los porcentajes de rechazo debidos a los puntos de contacto han bajado considerablemente, sin embargo el rechazo por el ruido del pin ha crecido notablemente, realizaremos otra prueba con diferente geometría para comprobar si existe una relación entre la reducción de los porcentajes de punto de contacto y el aumento del rechazo del ruido de pin.

7.2.3. Suplemento inferior II

En el primer ensayo realizado (suplemento inferior centrado) tan solo se analizaron 65 piezas y no se registraron ni se tuvieron en cuenta en los resultados del ensayo los fallos por ruido del *pin*, por ello se repite el experimento, esta vez con una tamaño de muestra mayor para evidenciar si realmente hay una relación entre el suplemento y los fallos por ruido de *pin*.

Para este caso se pondrá el suplemento en la parte inferior centro del apoyo del casquillo como muestra la Ilustración 64.



Ilustración 64: Suplemento parte inferior centrado

Tras este ensayo se obtuvieron los siguientes resultados:

768 válvulas → 0.6% puntos de contacto y 19.11% ruido del pin

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT

ID: 12104

Plant: Valencia

Process: N7 Línea 4I

Date:

Team:

Key Contact NAME: Juan Cardona

Email: Juan Cardona/ESTEN

Phone: +34 96.121.96.00

1 - Problem description

Problem level: System Pathway Connection Activity

As we can see in the YX matrix "Tool 4 assembly geometry" might be a key factor for contact points causing an approximate loss to the company of 300KE on its first production year, and tendance seems not to improve. More details on (G:\Gillett\Proyectos\Documents\GMVALV ULA\ GM Corvette\6Sigma CPI>Contact Points\Report)




2 - Root cause

After many valves inspected we can assume that almost every valve has a contact on it's right side (at 3 o'clock) no matter if valves are red, yellow or green even while or black. 3 hour is the most repeated contact point. This may occur due to a continuous degrade of welding Tool 4 (Assembly geometry) modifying rotation axis of disc, because time goes by and rejected pieces tendance encreases. If there is a very clear and forced contact in right side, this could stop the disc turning around its axis making impossible a contact on its left side.

3 - Proposed countermeasure

QUICK EXPERIMENTATION

- After 'A3 121147' we will repeat another supplement in welding station 2 (MBU down) of the valve housing with the reference 82209428 to try to reduce "red" valves.

ACTION

- Define the best geometry to weld pieces in order to achieve both requirement: pin rattling and contact points.

SYSTEM

- % of NOOK pieces in Valencia Q.W.



4 - Expected outcome

- Have a rate of 5% or less rejected black valves
- Reduce 26,5 % of red valves with MBU left supplement down to a 10%

5 - Actual outcome

After 768 valves welded with this configuration:
 5 black pieces ---> 0,6%
 147 red pieces ---> 19,11%

6 - Learnings

a. Expected vs Actual
 Percentage of black valves is the expected but red valves rates remains high.

b. Overall learnings
 In 'A3 121147' and in this report we have indicated significantly more of black valves, below 1%, 5% need to be said that experiments were done but after electrodes were changed, having this 2 variations we took electrodes effect more than welding geometry as next experimentation to reduce contact points will be done with electrodes. This valves are not a problem of welding geometry, really valves were made with an old equipment and the problem remains.

Versión: 2 del 07/10/2012. Realizado por Carmelo Anaya

Ilustración 65: A3 suplemento inferior centrado

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

7.3 Conclusión

Se ha encontrado una relación directa entre la geometría de la soldadura en la punteadora 2 y los rechazos por puntos de contacto reduciendo los porcentajes muy por debajo del objetivo establecido, sin embargo esta reducción se cree que provoca un aumento considerable de los rechazos por ruido de *pin*, con lo que esta implementación no es adecuada, se debe seguir probando para hallar la mejor relación entre estos dos tipos de fallos el ruido del pin y los puntos de contacto.

8. TERCERA CADENA DE A3

8.1 Introducción

Las dos posibles causas de que una válvula sea roja son las siguientes:

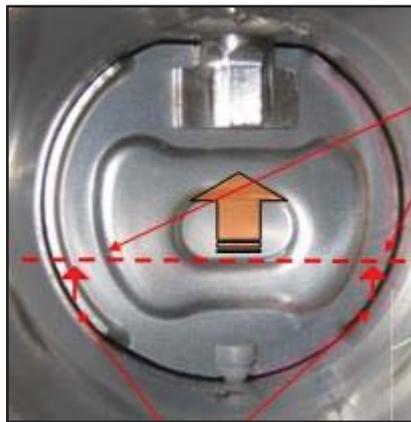


Ilustración 66: Puntos de contacto causantes del ruido de *Pin*

Causa 1: Según se enseña en la Ilustración 66, los puntos de contacto por debajo de la línea discontinua roja son un posible factor para el ruido del *pin*. La explicación es la siguiente: al cerrar el disco, éste se apoya en el casquillo por debajo de la línea discontinua de puntos, pongamos por ejemplo a las 4 y 8 horas según el criterio establecido. El apoyarse en estos puntos hay una componente de fuerza vertical (marcada en la Ilustración 66 con flechas rojas) del casquillo al disco que empuja el disco hacia arriba, esta fuerza de reacción impide que la componente vertical de la fuerza del disco se transmita al casquillo por el pin, con lo que éste queda suelto.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Causa 2: espacio insuficiente entre el *coupling disc lower* y el *motor bracket upper*.

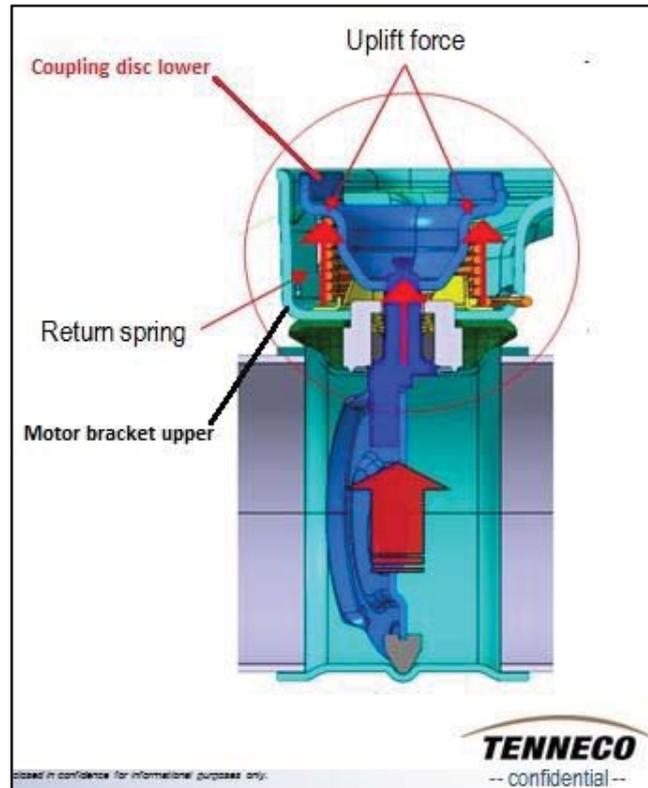


Ilustración 67: Dirección de las fuerzas al cerrar la válvula

Cuando el motor da la orden de cerrar el disco, el *coupling disc lower* gira haciendo lo mismo el muelle. Nuestro muelle tiene 8 espiras en estado de reposo, pero al retorcerlo pasa a tener 9 espiras, esto hace que necesite más espacio. Si no se le proporciona el suficiente espacio, las espiras se colapsan, es decir no hay espacio de separación entre unas y otras y la fuerza que hay que hacer para poder retorcer un cuarto de vuelta (posición de abierto a cerrado) es mucho mayor de la que se tendría que hacer si no se colapsasen las espiras.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

El muelle cuando está retorcido tiene dos componentes verticales de fuerza de reacción, la inferior que la absorbe el *motor bracket upper* y la superior que es absorbida por el *coupling disc lower* (fuerzas marcadas con una flecha roja en la Ilustración 67).



Ilustración 69: Espacio entre *coupling disc lower* y *motor bracket upper*

Esta componente vertical de fuerza se transmite al *shaft* y al disco al que está soldado, provocando una tracción, con lo que el disco no se apoya en el casquillo por medio del pin cerámico, haciendo que este vibre.

8.2. Experimentación

Se analizó una muestra de válvulas lo suficientemente grande como para que sea representativa y se pudo comprobar que no había una correlación entre la situación de los puntos de contacto y el ruido del pin, habiendo piezas en las que los puntos de contacto estaban “debajo de la línea roja” y eran buenas de pin y otras en las que los puntos de contacto estaban arriba de la “línea roja” y daban rechazo por ruido en el pin, como consecuencia de este resultado se pasó a la segunda causa posible.

Se empezó una cadena de A3 atacando esta última causa, en la estación 5 se suelda el *coupling disc lower* con el *shaft*, de esta forma suplementado ligeramente la posición de soldadura podemos cambiar el espacio que le dejamos al muelle para que se retuerza sin llegar a colapsarse.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

8.2.1. Suplemento con 0.6 mm con arandelas

Se suplementó la estación 5 con 0.6 mm, dos arandelas cada una de 0.3 mm, esto le daba al muelle 0.6mm más de espacio vertical, los resultados fueron los siguientes.

306 válvulas inspeccionadas → 0% rechazo por ruido del pin

Lecciones aprendidas: Tras el 19% de rechazo obtenido en el experimento anterior podemos llegar a la conclusión de que este factor es clave, sin embargo hubieron 24 válvulas que el *coupling disc lower* rascaba con el actuados, impidiendo que la válvula se cerrase completamente o tardando más de lo permitido por las especificaciones, esto es debido a que la altura de la soldadura es excesiva, los 0.6 mm de más que se dieron fueron demasiados. Hay que determinar la altura exacta de la soldadura en la estación 5 para reducir al mínimo los porcentajes de rechazo por ruido de pin y las válvulas que se enganchan al rascar el *coupling disc lower* con el actuador.



Ilustración 70: Coupling disc lower rascando con el actuador

Juan Cardona Peydro, Julio 2015



Ilustración 72: Suplemento 0.6 mm estación 5

Plant: Valencia

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT

ID: 12073

Team:

Process: N7 Línea 4l

Date:

1 - Problem description

Problem level: System Pathway Connection Activity

Pin loose is a problem which is causing a high percentage of NOOK valves. Rejected valves raised up to almost 20%. Since the problem started, from week 28 to week 33 about 2800 valves were rejected causing a loss to the company of (2800 valves * 25€/valve = 70,000 €) approximate 11,000 € per week

➔

3 - Proposed countermeasure

In order to get enough room for the return spring when the valve is closed, space between coupling disc and upper motor bracket has to be increased. It will be supplemented 0,6 mm in TIG station

2 - Root cause

It's believed that height of welding on TIG station could cause the Pin noise.

4 - Expected outcome

Reduce Pin rattling rates, down to our average of "best weeks" -> below 1%

5 - Actual outcome

After 306 valves inspected -> 0% of red valves
No valves were red, even yellow

6 - Learnings

a. Expected vs Actual
Pin noise reduced below 1% when space between coupling disc lower and spring is correct. Even though there were 24 valves that the coupling disc scratched the motor -> 6mm

b. Overall learnings
Define exact supplement for TIG station in order to have the maximum number of OK pieces and develop a control gauge to check the gap based on a pre-defined inspection frequency

Key Contact NAME: Juan Cardona

Email: Juan Cardona/ES/TEN

Phone: +34 96.121.96.00

Versión 2 del 07/10/2012. Realizado por Carmelo Anaya

Ilustración 71: A3 Suplemento 0.6 mm estación 5

88

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

8.2.2. Suplemento de 0.3 mm con arandelas

Al rascar el coupling disc lower con el actuador esto puede hacer que el eje de rotación del disco se desalinee afectando a los puntos de contacto, en el A3 con suplemento de 0.6 mm se obtuvo un porcentaje de 10% de rechazo debido a los puntos de contacto. Es necesario encontrar un compromiso entre el rechazo de válvulas por ruido del pin y de puntos de contacto.

Para este experimento reduciremos el suplemento hasta los 0.3 mm con una arandela en la estación 5.

Los resultados (reflejados en la Ilustración 73) obtenidos tras 2638 válvulas inspeccionadas fueron:

7.13% de rechazo por ruido del pin
6.97 % de rechazo por puntos de contacto

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT

ID 12074

Plant: Valencia

Date:

Team:

Process: N7 Línea 4I

1 - Problem description

Problem level: System Pathway Connection Activity

In the experimentation done in A3 12073 we achieve the target of have a percentage below 1% of "red valves". Despite this, "black valves" percentage increases up to a 10% (when past 4 days rejected valves were less than 3% of the production)

2 - Root cause

Coupling disc lower scratches motor when valve closes. This could disalign disc rotatory axis variating contact points.

3 - Proposed countermeasure

QUICK EXPERIMENTATION

- To reduce rates of "black valves" we will reduce supplement in TIG station. There will be a 3mm supplement to avoid this scratch between CDL and motor

ACTIVITY

- Define the best height of welding for TIG station and weld futures productions with that supplement

SYSTEM

- Valencia Q.W.



4 - Expected outcome

- Still having the same rates of "red valves" below 1%
- Have the rates of "black valves" of the days before, below 5%

5 - Actual outcome

After 2638 valves done:

- > 7,13% red valves
- > 6,97% black valves

6 - Learnings

a. Expected vs Actual

We have reduced rates of black valves, but we have increased more than expected percentage of red valves.

b. Overall learnings

Welding height is vital to control red valves. (we have past from less than 1% to a 7,13%)

We need to find the optimum welding height to reduce % of relecter blank and red valve

Key Contact NAME:

Juan Cardona

Key Contact NAME: Juan Cardona

Email: Juan Cardona/ESTEN

Phone: +34 96.121.96.00

Versión: 2 del 07/10/2012. Realizado por Carmelo Araya

Ilustración 73: Suplemento de 0.3 mm en la estación 5

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Lecciones aprendidas: Hemos reducido el porcentaje de defectuosas por puntos de contacto pero hemos aumentado más de lo deseado el rechazo por ruido del pin, es necesario seguir probando para definir la mejor altura para soldar

8.2.3. Suplemento de 0.4 mm con lamas de cobre

Hasta ahora se estaba suplementando con arandelas, tienen una forma cóncava con lo que su altura varía si se le aplica fuerza. En reposo tienen una altura de 0.56 mm y si son aplastadas pueden llegar a medir 0.3 mm. Esta variación puede introducir un error en la altura de la soldadura, pudiendo variar en hasta 0.26 mm según como esté de apretada la arandela. Para evitar esta variabilidad del proceso se suplementa con lamas de cobre de espesor 0.1 mm. Todas las válvulas producidas hasta el momento con el suplemento en la estación 5 se midieron, comprobando cual fue la distancia entre el *coupling disc lower* y *motor bracket upper*. Se comprobó que a partir de los 0.4 mm se reducía considerablemente el número de válvulas defectuosas por el ruido del *pin*. Para el siguiente A3 se puso un suplemento de 4 lamas de cobre, en total 0.4 mm. Siendo los resultados tras 366 válvulas inspeccionadas:

5.75% rechazo por puntos de contacto
0.27% por ruido de pin

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT

Plant: Valencia

ID: 12105

Team:

Process: N7 Línea 4I

Date:

1 - Problem description

Problem level: System Pathway Connection Activity

In 'A3 12074' we supplemented TIG station with 1 ring (3mm) varying welding height for letting the spring more space in order to avoid its collapse. We still have a rate of 7,13% 'red' valves and 6,97% of 'black' valves. There are above our target of 5%

2 - Root cause

Welding height might variate. In some weldings could be less space between Lower Coupling Disc (LCD) and return spring resulting in a 'red' valve (uplift force) or more space giving a 'black' valve (scratch in motor varying rotation axis of disc) 'A3 12074 explication'



3 - Proposed countermeasure

QUICK EXPERIMENTATION

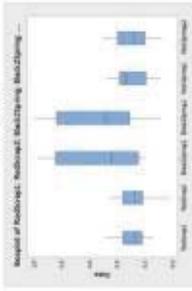
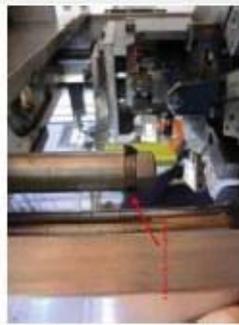
In order to reduce the error introduced by the ring (its height between 0,3 and 0,56) we supplemented the TIG with tabs of 0,1 mm thickness. We put 4 of them, making a 0,4 mm supplement, 0,1 mm more than before. The explanation is on the box plot attached. The boxplot is the height comparison between 30 motor bracket upper and coupling disc lower. The 2nd, 5th & 8th columns are of red valves, from 0,4 mm upwards, number of red valves decrease significantly, so that's why we will by with 0,4 mm supplement this time.

ACTIVITY

Define the best welding height in TIG for reducing 'black' and 'red' valves down to the minimum

SYSTEM

Valencia Q.W.

4 - Expected outcome

-Reduce 'red' valves rates below 5%
-Reduce 'black' valves rates down to a 5%

5 - Actual outcome

After 366 valves welded with this configuration:
21 'black' valves --> 5,75% rejected
1 'red' valves --> 0,27% rejected

6 - Learnings

a. Expected vs Actual
We achieve both targets. Total rejected valves red and black gets reduced more than a half of the original value.

b. Overall learnings
Continue with this configuration and have a bigger valve poblation in order to stablish +0,4mm as the height in TIG if there is not a problem with the scratch with motors

Key Contact NAME: Juan Cardona

Email: Juan Cardona/ES/TEN

Phone: +34 96.121.96.00

Versión 2 del 07/10/2012. Realizado por Carmelo Araya

Ilustración 74: A3 suplemento de 0.4 mm en la estación 5 con lamas de cobre

92

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Lecciones aprendidas: Se consiguen resultados francamente buenos, se reduce hasta el 5% el rechazo por puntos de contacto y hasta el 0.27% rechazo por ruido del *pin*. Hay que continuar con esta configuración con el fin de estudiar una población más grande y establecer esta altura de soldadura como permanente.

8.3 Conclusión

+0,4mm TIG SUPLEMENT					
TOTAL	2683		2659		
RED	24	0.89%		TOTAL REJECT	252
BLACK	103	3.87%	8.57%		
Se engancha	125	4.70%			
+0,3mm TIG SUPLEMENT					
TOTAL	2252		2114		
RED	138	6.13%		TOTAL REJECT	254
BLACK	82	3.68%	5.49%		
Se engancha	34	1.61%			

Tabla 3: Comparación resultados con diferente altura de soldadura en la estación 5

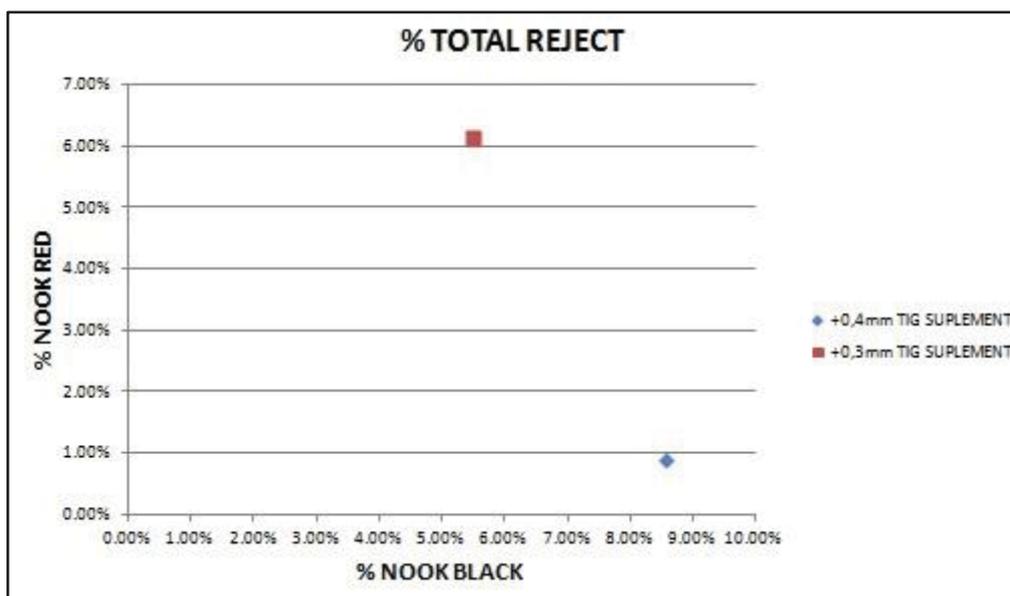


Ilustración 75: Comparación porcentaje de válvulas rojas y negras con las diferentes alturas de soldadura en la estación 5

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Se realizó un muestreo de una población más grande para asegurarnos de que este suplemento de 0.4mm con lamas de cobre era el más efectivo. Según se observa en Tabla 3 con el suplemento de 0.4 mm se consiguen muchos mejores porcentajes de válvulas rojas que con los 0.3 mm, un 0.83% de rechazo frente a un 6.13%, con lo que optaremos por esta configuración.

Las válvulas que tienen el pin suelto son clasificadas directamente como chatarra ya que se considera que este fallo está en la soldadura y no puede ser reparado, siendo una pérdida directa para la empresa, sin embargo las válvulas clasificadas como negras vuelven otra vez a la línea de montaje. Allí son recuperadas por un operario en una E.O.L. manualmente, si vuelven a clasificarse como negras serán chatarra, sin embargo un porcentaje considerablemente alto, alrededor de un 80%, pasa las pruebas.

Esto se aplica a la Ilustración 75 donde se compara el porcentaje de válvulas rojas y negras obtenido con las diferentes alturas de soldadura. Lo que nos interesa es tener porcentajes de rojas bajos para no desecharlas directamente. Claramente se observa que la configuración de 0.4 mm es mejor, 5.3 puntos porcentuales, sin embargo obtenemos peores resultados con las válvulas negras, un 3.08% mayor por ello se empieza otra cadena de A3.

9 CUARTA CADENA DE A3

9.1. Introducción

Seguimos bajando en nuestro diagrama YX hasta llegar al cuarto puesto, como causa raíz del problema encontramos el desgaste del electrodo en la punteadora 2.

Este electrodo no tiene asociado ningún procedimiento de cambio, es decir se cambia cuando el *team leader* cree que ya está demasiado usado y debe cambiarse. Esta causa raíz se sitúa entre las primeras porque los electrodos son los encargados de soldar el *shaft* al disco y es aquí donde un mal posicionamiento tanto de electrodos como de las piezas puede hacer que el eje de rotación del disco varíe, afectando a los puntos de contacto.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015



Ilustración 76: Izquierda electrodo inferior, derecha electrodo superior de la estación 4

9.2. Experimentación

9.2.1. Válvulas con orientación de 51.5º

Para comprobar que existe realmente una mejoría se hicieron 2 cajas seguidas de la misma referencia, cada caja contiene 256 válvulas una población que podemos considerar representativa, una caja se haría con los electrodos viejos y otra caja con electrodos nuevos. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Resultados con válvulas de orientación 51.5º:

256 válvulas con electrodos viejos → 11.11% válvulas negras
256 válvulas con electrodos nuevos → 5.3% válvulas negras

Lecciones aprendidas: Se observa una gran diferencia entre las pruebas realizadas, podemos intuir que este factor sí que influye en los puntos de contacto, sin embargo tenemos que realizar el mismo experimente con las otras dos referencias para comprobar que es realmente causa raíz de nuestro problema.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Plant: Valencia

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT

ID: 11975

Team:

Process: N7 Línea 4I

Date:

1 - Problem description

Problem level: System Pathway Connection Activity

According to YX Matrix "Tool 4 electrode wears out." seems to be a Key factor for contact points problem, which is causing a problem to the company of 300K€ as you can see in the metric attached (G:\Gillet\Proyectos\Documentos\GM VALVULA\GM Corvette\6\Sigma CP\Contact Points\Report)

2 - Root cause

Team believes that Electrode once is worn out affects the alignment of disc vertical rotatory axis with valve housing, modifying contact points.

3 - Proposed countermeasure

QUICK EXPERIMENTATION:

A.- Check and validate that we get a significant difference between old electrode behavior and a new one by comparing a full shift production with a brand NEW electrode Vs full shift production with a very OLD electrode. Significant means to detect at least a 8% improvement on the contact point rates.

ACTIVITY:

- 1.- Activate a procedure to change electrode in order to keep it running always with the best quality.
- 2.- Define Max number of pieces to be manufactured before changing the electrode.

SYSTEM:

% of bad pieces in Valencia due to contact points

4 - Expected outcome

A.- Be able to define detect that "Tool 4 electrode wears out is or is not" a Key factor to the Sigma project

B.- Reduce contact point rates from 10% down to a 5 %

5 - Actual outcome

After 512 same reference valves:
 -256 done with new electrode: 5,3% NOOK pieces due to contact points
 -256 done with old electrode: 11,11% NOOK pieces due to contact points

6 - Learnings

a. Expected vs Actual
 Huge difference between valves produced with new and old electrode. Experimentation shows this evidence.

b. Overall learnings
 Wearing electrode of Tool 4 is vital to reduce contact points problem.

Key Contact NAME: Juan Cardona

Email: Juan Cardona/ES/TEN

Phone: +34 96.121.96.00

Versión: 2 del 07/10/2015. Realizado por Carmelo Araya

Ilustración 77: A3 electrodos nuevos vs electrodo viejos en la punteadora 2, válvulas de 51,5º

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Tras los experimentos realizados se observa una gran degradación en el electrodo inferior, las dos patas del electrodo inferior no se degradan a la misma velocidad, esto se comprobó midiendo su altura en electrodos nuevos y en electrodos viejos.



Ilustración 78: Diferente degradación del electrodo inferior

Tras medir varios electrodos viejos se comprueba que siempre es la misma pata del electrodo la que reduce su altura, modificando la inclinación de la soldadura. Como se ha explicado en la cadena de A3 sobre la geometría de la soldadura en la punteadora 2 (Causa 1ª del diagrama YX) en casi todas las válvulas negras se obtiene un punto de contacto a las 3 horas, esta reducción de la altura de la pata del electrodo puede ser la explicación a este fenómeno.

9.2.2. Válvulas con orientación de 90º

Siguiendo con la cadena de A3 ahora se realizó el mismo experimento, mismo equipo de operarios, misma partida de material... solo cambiando los electrodos, pero con otra referencia, esta vez las válvulas con orientación de 90º obteniéndose los siguientes resultados:

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

256 válvulas con electrodos viejos → 7.4% válvulas negras

256 válvulas con electrodos nuevos → 5.61% válvulas negras

Plant: Valencia

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT

ID 12011

Team:

Process: N7 Línea 4I

Date:

1 - Problem description

Problem level:	System	Pathway	Connection	Activity
According to YX Matrix "Tool 4 electrode wears out " seems to be a Key factor for contact points problem, which is causing a problem to the company of 300K€ as you can see in the metric attached (G:\Gillet\Proyectos\Documentos\GM VALVULA\GM Corvette\6Sigma CPI>Contact Points\Report)				

2 - Root cause

Team believes that Electrode once is worn out affects the alignment of disc vertical rotatory axis with valve housing, modifying contact points.

3 - Proposed countermeasure

QUICK EXPERIMENTATION:

A.- Check and validate that we get a significant difference between an old electrode behavior and a new one by comparing a full shift production with a brand NEW electrode vs full shift production with a very OLD electrode. Significant means to detect at least a 5% improvement on the contact point rates. In order to be sure this is a key factor for each one, experimentation will be done with the three references "A3 11975" was made with reference 82209448(51.97) achieving proposed target, and this one will be done with 82209432 reference. Old electrode has been welding only 8 days.

ACTIVITY:

- 1.- Activate a procedure to change electrode in order to keep it running always with the best quality
- 2.- Define Max number of pieces to be manufactured before changing the electrode

SYSTEM:

% of bad pieces in Valencia Q.W. due to contact points.

NEW ELECTRODES

ELECTRODES AFTER 256 PIECES

OLD ELECTRODES AFTER 6500 PIECES

4 - Expected outcome

A.- Confirm test done in "A3 11975" where experimentation done shows that TOOL 4 electrode wear is a key factor to reduce rejected valves due to contact points.

B.- Reduce contact point rates from currently 15% (average of last 7 days) down to a 5 %

5 - Actual outcome

512 pieces were welded:

- 256 valves done with old electrode ->7,4% rejected due to contact points.
- 256 valves done with new electrode -> 5,61% rejected due to contact points.

6 - Learnings

a. Expected vs Actual

With changed electrode there is only an approximate 2% (5 valves per box = 100€) improvement difference between new and old electrode. In done test, pieces welded with old electrode were better than expected (only 7.4% NOOK, when week average was 15%). Changed new electrode shows again a reduction of NOOK pieces, achieving the target of 5% rejected.

b. Overall learnings

Wearing electrode is vital to reduce contact points in reference 82209438. Repeat test with reference 82209432 to assume this is vital for all references. Need to define a root cause for difference height between lower electrode sides in order to keep running electrodes as much as possible. Be able to define a root cause for NOOK decrease (15% → 7,4%) of valves with old electrode.

Key Contact NAME: Juan Cardona

Email: Juan Cardona/ES/TEN

Phone: +34 96.121.96.00

Versión 2 del 07/10/2012. Realizado por Carmelo Anaya

Ilustración 79: A3 electrodos viejos vs nuevos, válvulas 90º

Lecciones aprendidas: Se observa una mejoría llegando hasta el objetivo del 5%, hay que repetir el experimento con la última referencia para poder considerar ésta como causa raíz.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

9.2.1. Válvulas con orientación de 38.5º

A fin de poder establecer el deterioro de electrodos como causa raíz de nuestro problema debemos corroborar que se produce una mejoría en las tres referencias. Se realiza un ensayo con la tercera y última referencia.

Con la orientación de 38,5º se obtuvieron los siguientes resultados:

256 válvulas con electrodo viejos → 36.32% válvulas negras
256 válvulas con electrodos nuevos → 12.22% válvulas negras

Plant: Valencia

KAIZEN IMPLEMENTATION REPORT

ID: 12034

Team:

Process: N7 Línea 4I

Date:

1 - Problem description

Problem level: System Pathway Connection Activity

According to YX Matrix "Tool 4 electrode wears out" seems to be a Key factor for contact points problem, which is causing a problem to the company of 300K€ as you can see in the metric attached (G:\Gillet\Proyectos\Documentos\GM VALVULA\GM Corvette\Sigma CPI>Contact Points\Report)

3 - Proposed countermeasure

QUICK EXPERIMENTATION:

A.- Check and validate that we get a significant difference between an old electrode behaviour and a new one by comparing a full shift production with a brand NEW electrode via full shift production with a very OLD electrode. Significant means to detect at least a 5% improvement on the contact point rates. In order to be sure this is a key factor for each one, experimentation will be done with the three references. After results achieved both targets with references 82209432 (80%) and 82209440 (51%) of 5% rejected pieces due to contact points, this is the last experimentation to define if "wearing electrode" is vital as it was shown on YX matrix.

ACTIVITY:

- 1.- Activate a procedure to change electrode in order to keep it running always with the best quality.
- 2.- Define Max number of pieces to be manufactured before changing the electrode.

SYSTEM:

% of bad pieces in Valencia Q/W. due to contact points.

ELECTRODES AFTER 256 PIECES

OLD ELECTRODES AFTER 6500 PIECES

2 - Root cause

Team believes that Electrode once is worn out affects the alignment of disc vertical rotatory axis with valve housing, modifying contact points.

4 - Expected outcome

A.- Confirm what was shown in other 2 test, new electrodes would reduce rejected valves.

B.- Reduce contact point rates from currently 13,68% (average from week 1 to week 32) down to a 5 %

5 - Actual outcome

After 512 valves inspected

- 256 valves done with old electrode: 36,32% rejected pieces due to contact points
- 256 valves done with new electrode: 12,22% rejected pieces due to contact points

6 - Learnings

a. Expected vs Actual

Percentage of NOOK valves gets higher, with old and new electrode too, 36,32% rejected pieces with old electrode almost triplicates the average of rejected valves for this reference, also pieces welded with new electrode were problematic, 12,22% being very far from 5% target.

b. Overall learnings

Wearing electrode seems not to be a vital factor in reference 82209432 to reduce rejected pieces, even though it has reduced rates from 13,68% down to 12,22% there is another factor which is

Key Contact NAME: Juan Cardona

Email: Juan Cardona/ES/TEN

Phone: +34 96.121.96.00

Versión: 2 del 07/10/2012. Realizado por Carmelo Anaya

Ilustración 80: A3 electrodos viejos vs electrodos nuevos punteadora 2, válvulas de 38.5º

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Lecciones aprendidas: el degradado del electrodo parece que no es un factor vital para esta referencia, sin embargo ha demostrado que afecta considerablemente, reduciendo en 24 puntos porcentuales el rechazo de las válvulas.

En los tres experimentos hemos obtenido mejores resultados con los nuevos electrodos que con los viejos bajando en dos de ellos hasta el objetivo establecido inicialmente.

9.3. Conclusión

A pesar de estar por encima del objetivo inicial del 5%, el cambio de electrodos viejos por los nuevos ha mostrado un notable descenso en el rechazo, con lo que puede no ser un aspecto vital para esta referencia pero nos aporta mejorías palpables en la producción.

10 CONCLUSIONES FINALES

Después de las 4 cadenas de A3 podemos sacar las siguientes lecciones aprendidas:

Primera cadena → los electrodos de la punteadora 1 subestación 3 deben tener una altura de 5mm e introducirlos correctamente para que haya mayor superficie de contacto y la soldadura no sea irregular deformando el material. Con esta mejora se reduce el porcentaje de válvulas negras desde un 10% hasta un 6.45%.

Segunda Cadena → El suplemento de la punteadora 2 ha sido identificado como vital para reducir el rechazo por puntos de contacto, sin embargo, al realizar cambios en esta estación aumentaba considerablemente el porcentaje de válvulas rojas, por eso se abandonó esta idea. Con esta mejora los porcentajes de negras se situaban por debajo del 1%, sin embargo los porcentajes de rojas estaban muy por encima del 10% haciendo esta medida inviable. En la tercera cadena de A3 se soluciona este problema, consiguiendo reducir los porcentajes de fallos por ruido de pin hasta el 1%, con lo que en un futuro hay que seguir con estas implementaciones.

Tercera Cadena → Se establece que la mejor altura para realizar la soldadura en la estación 5 es con un suplemento de 0.4mm, reduciéndose hasta el 0.89% las válvulas rojas.

Cuarta Cadena → Cambio de electrodos en la punteadora 2, se ha comprobado que es un factor clave para la reducción de las válvulas negras, reduciendo los porcentajes de rechazo hasta el objetivo del 5%, excepto en una referencia (la más problemática) aún así se produjo un descenso notable entre las válvulas fabricadas con electrodos viejos y nuevos (más del 20% de diferencia). Hay que definir un número de soldaduras límite para el cambio de los electrodos, anticiparnos antes de que empiece la degradación en el electrodo inferior. Para esto bastará con cambiar los electrodos y llevar un seguimiento muy cercano (idealmente one piece flow, pieza fabricada pieza inspeccionada).

Para todas las mejoras experimentadas que han dado buenos resultados, se han creado procedimientos para su implementación de forma definitiva en la cadena de montaje.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

10.1 Implementación en línea y seguimiento

Tras los prometedores resultados que se consiguieron con la cuarta cadena de A3, esta medida se propuso implantarla de forma permanente en línea, para ello se estandarizó un sistema de cambio de electrodos para informar al *team leader* (persona responsable del grupo) de cuando se deben cambiar, registrándose los datos de piezas defectuosas para poder corroborar que efectivamente se estaba avanzando en la dirección adecuada. Anteriormente a este plan los electrodos se cambiaban aproximadamente cada mes, de esta forma las últimas piezas (debido al mayor desgaste de una pata del electrodo) no se soldaban en las condiciones óptimas. Ante esto se propuso cambiar los electrodos como máximo cada semana, siendo estos los resultados obtenidos:

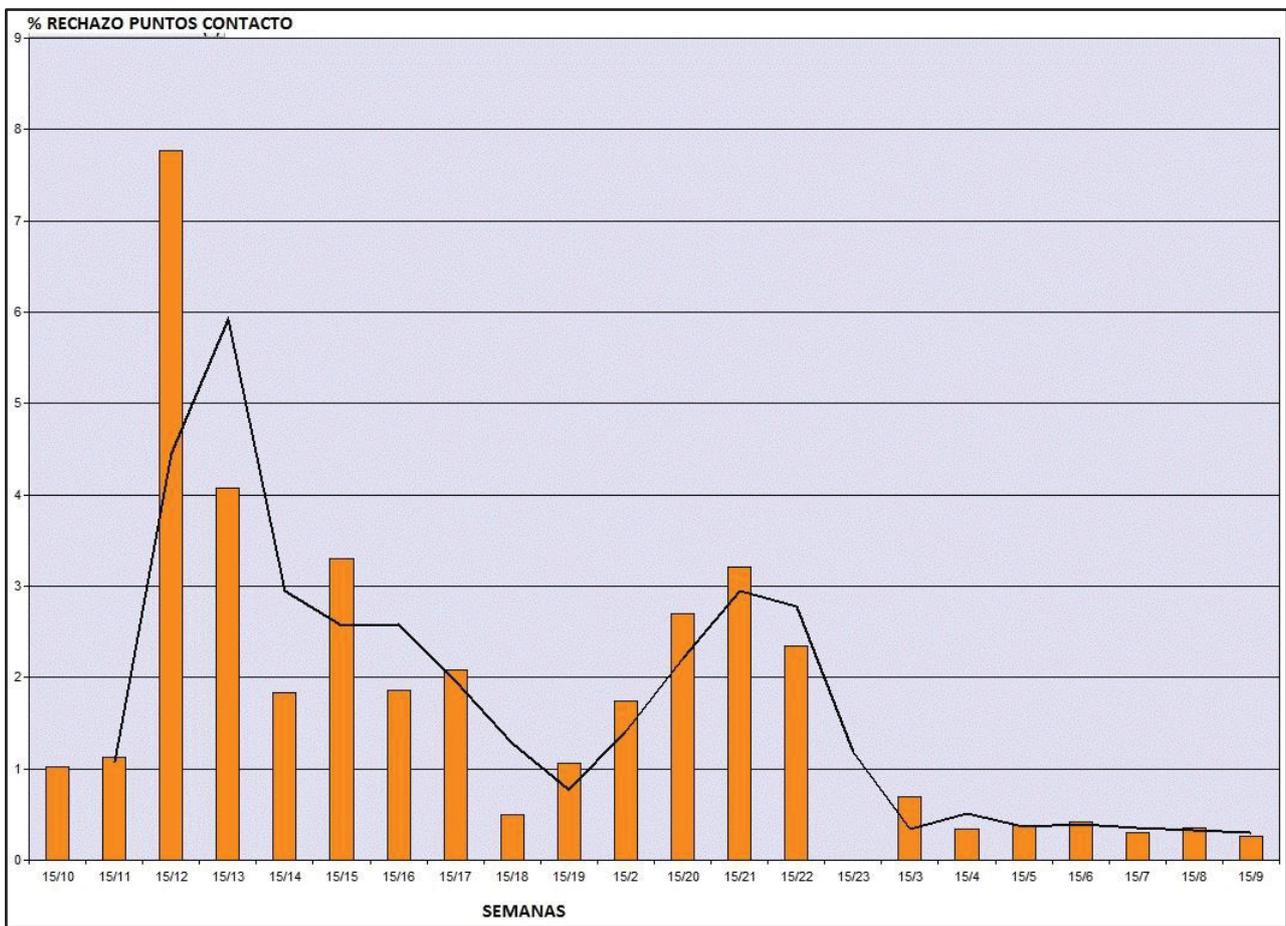


Ilustración 81: Porcentajes rechazo por puntos de contacto de las tres referencias durante las primeras 22 semanas del 2015

En esta gráfica se incluyen los porcentajes de rechazo de las tres referencias juntas. Como se puede observar (obviando el pico que se obtiene en la semana 12) se cumple con creces el objetivo propuesto del 5%.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

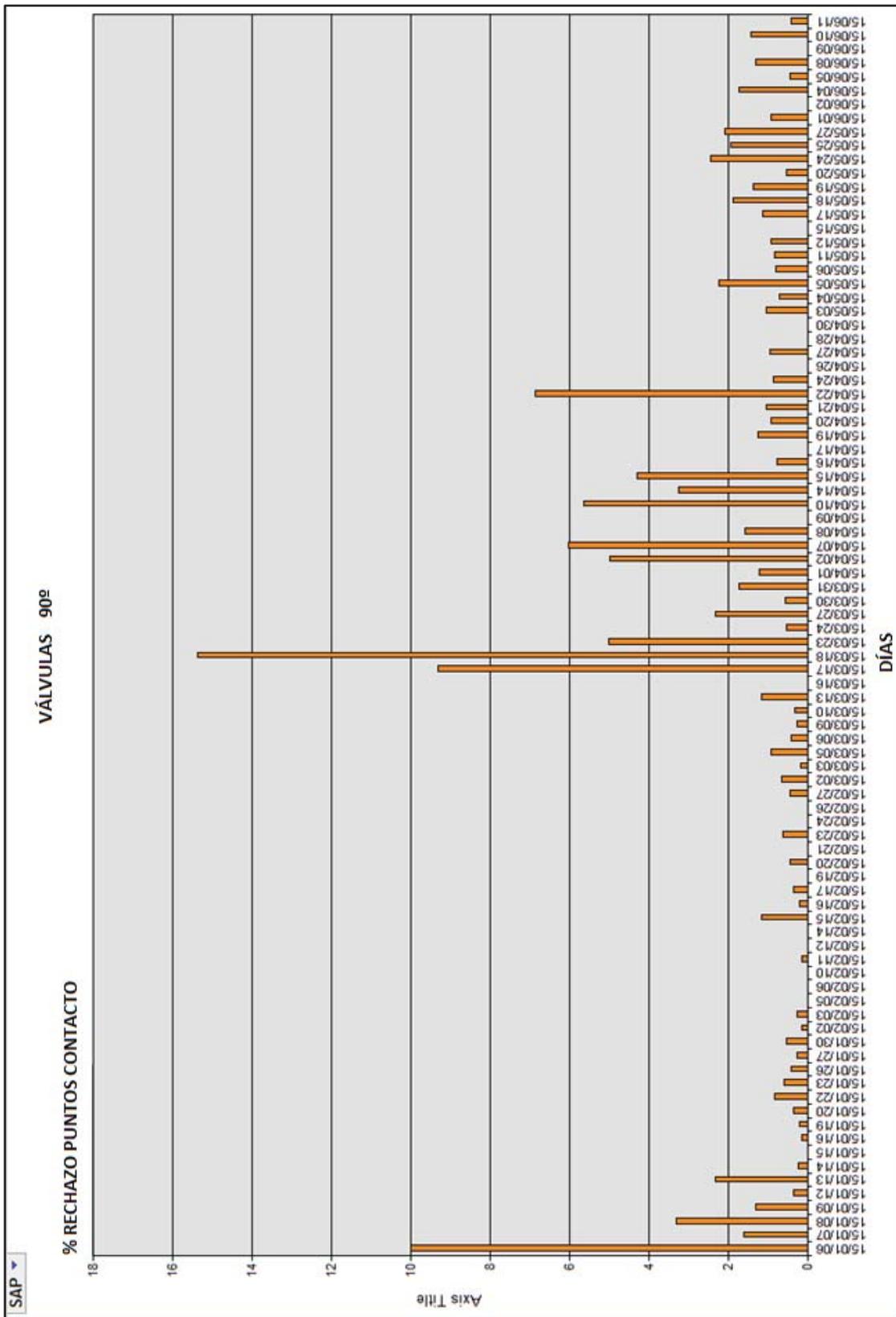


Ilustración 82: Porcentajes diarios de rechazo por puntos de contacto en válvulas de 90º

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

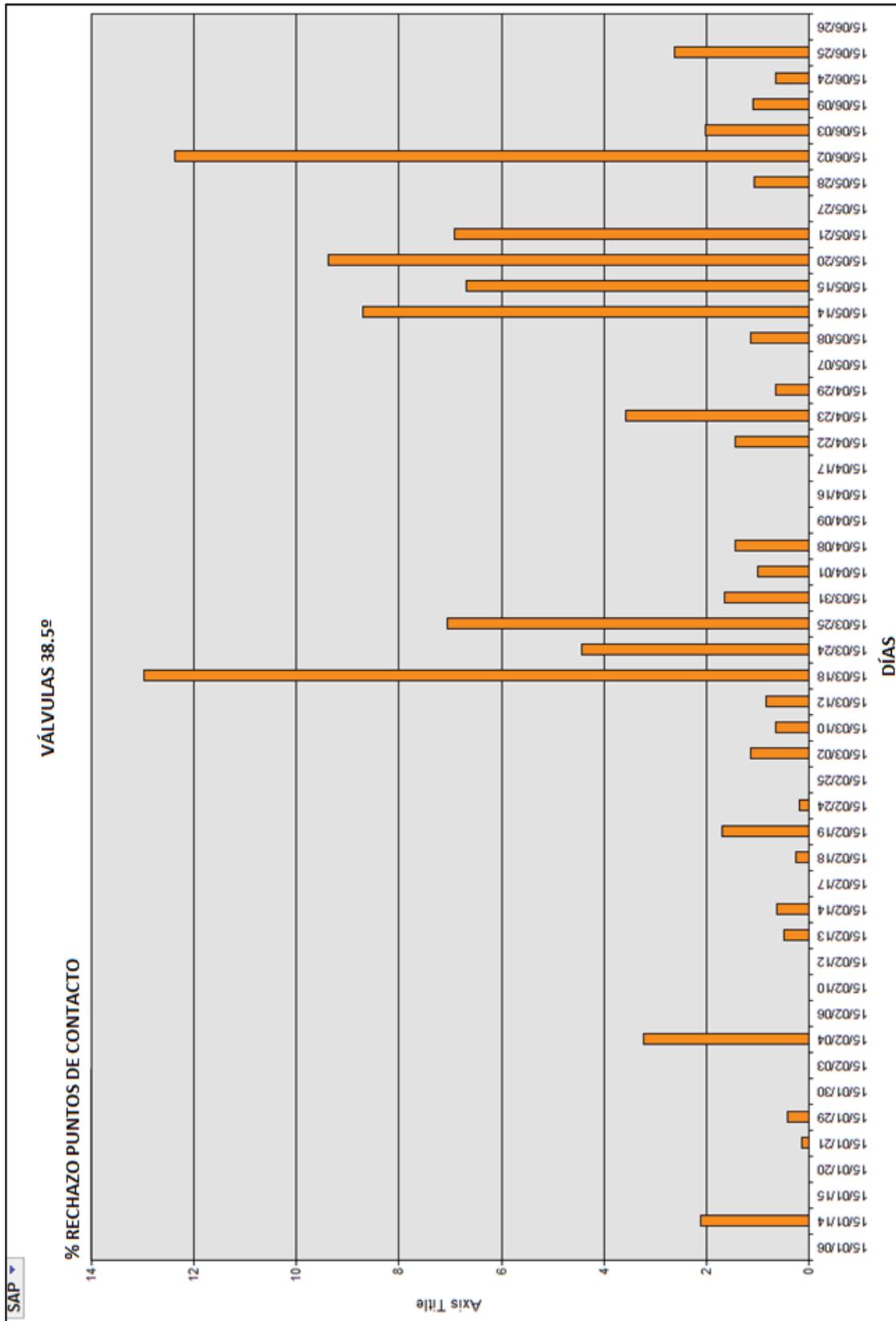


Ilustración 83: Porcentajes diarios de rechazo por puntos de contacto en válvulas de 38.5º

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

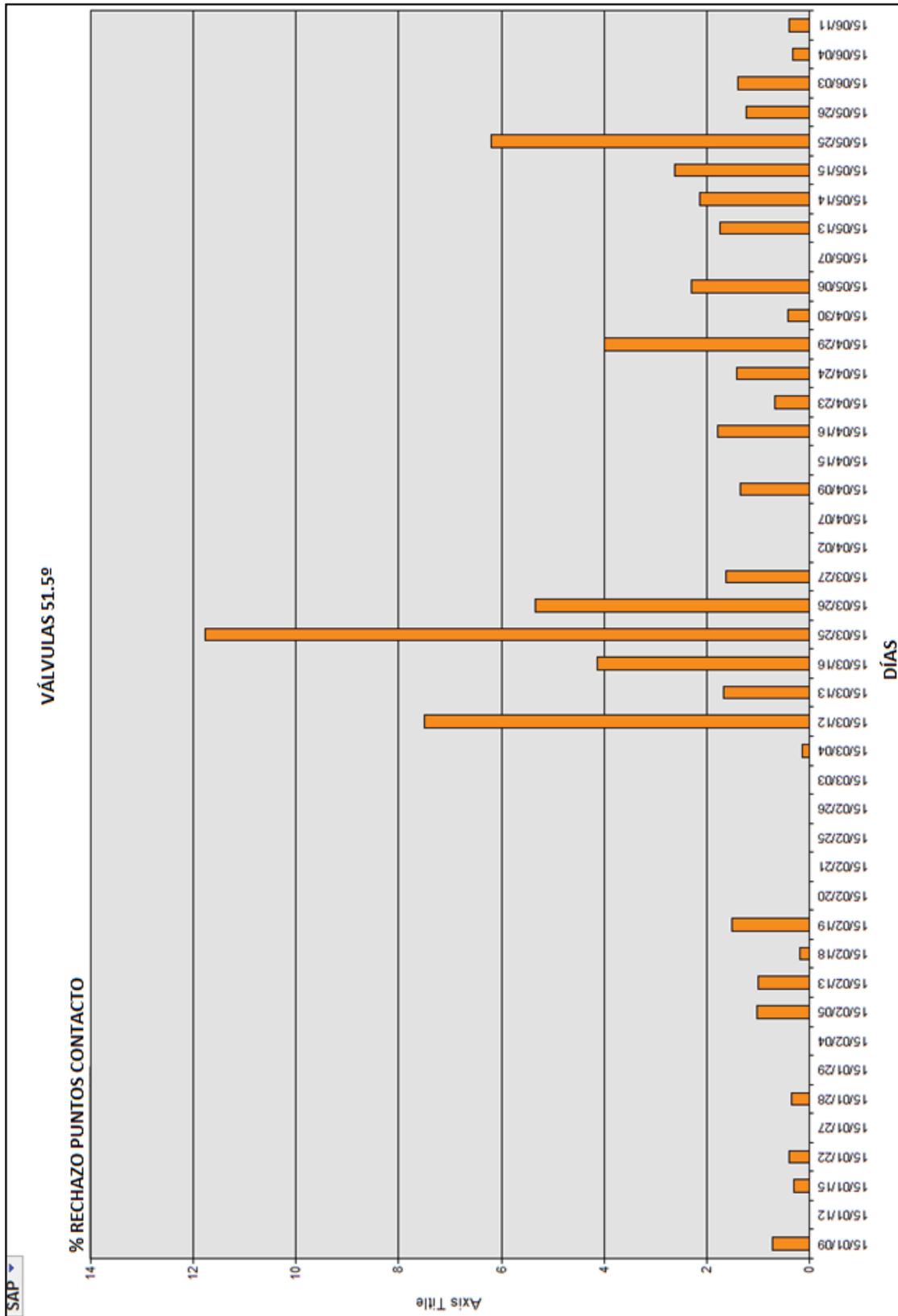


Ilustración 84: Porcentajes diarios de rechazo por puntos de contacto en válvulas de 51.5º

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Como se puede observar el día 18/03/15 (semana 12 de la Ilustración 81) hay un pico de piezas defectuosas tanto en las referencias que se trabajaron ese día, esto se corresponde a unas experimentaciones que se llevaron a cabo en línea. Exceptuando algunos días que serán motivo de posterior estudio, se ha conseguido controlar el proceso.

Si separamos los porcentajes de rechazo por referencia obtendríamos:

- 4% NOOK válvulas de 90º
- 6% NOOK válvulas 38.5º
- 3% NOOK válvulas de 51.5º

Siendo los porcentajes globales históricos los siguientes:

- 9.02% NOOK válvulas de 90º
- 13.74% NOOK válvulas de 38.5º
- 8.11% NOOK válvulas de 51.5º

Las válvulas cuya orientación es de 38.5º son las más problemáticas y tiene que ser objeto de estudio para futuras experimentaciones, una de ellas el suplemento de la punteadora 2, donde no se probó esta referencia en las pruebas realizadas.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

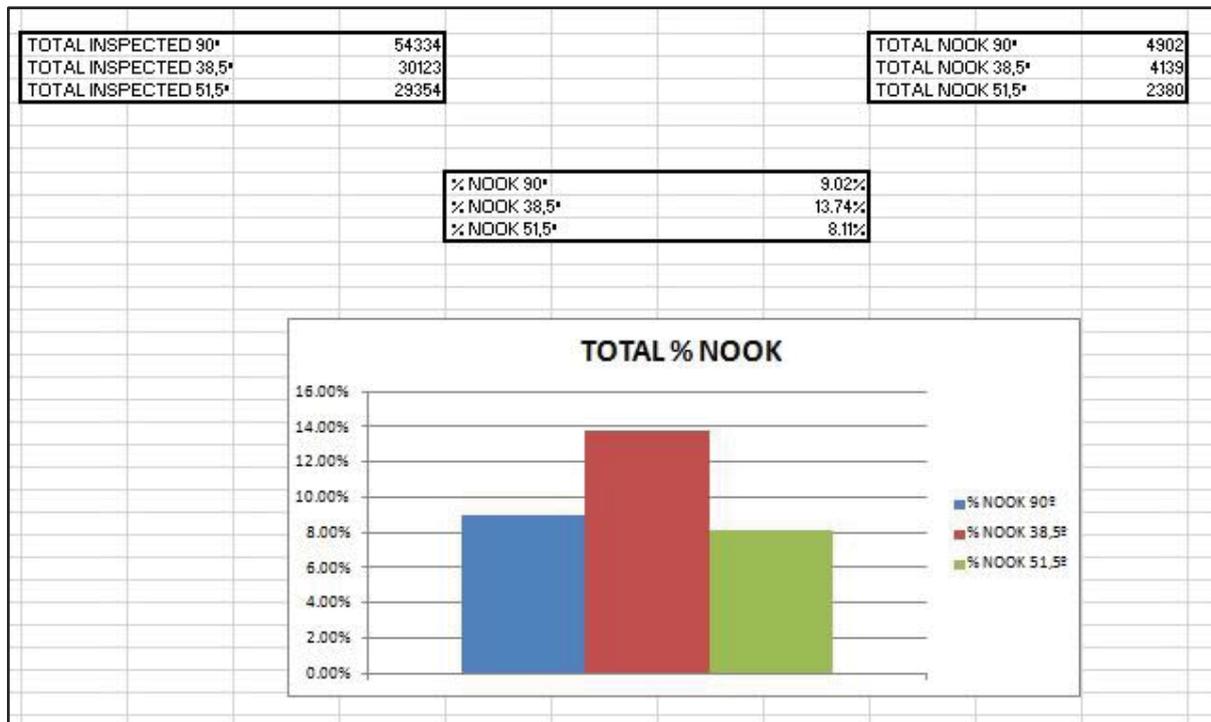


Ilustración 85: Estadísticas globales de rechazo válvulas negras

El ahorro conseguido si seguimos con estos porcentajes es de:

Se fabrican 3100 válvulas a la semana donde un medio de la producción son válvulas de 90°.

$$3100 \frac{\text{válvulas}}{\text{semana}} * 45 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} = 139.500 \text{ válvulas (4)}$$

$$\frac{1}{2} * 139500 = 69.750 \text{ Válvulas de } 90^\circ \text{ (5)}$$

El resto de producción se reparte equitativamente entre válvulas de 38,5° y 51,5°

34.875 válvulas de 38.5°

34.875 válvulas de 51.5°

Con los porcentajes históricos tendríamos:

$$\text{Válvulas de } 90^\circ \rightarrow 69.750 \frac{\text{válvulas}}{\text{año}} * 9.02\% * 20 \frac{\text{€}}{\text{válvula}} = 125.840 \text{ € (6)}$$

$$\text{Válvulas de } 38.5^\circ \rightarrow 34.875 \frac{\text{válvulas}}{\text{año}} * 13.74\% * 20 \frac{\text{€}}{\text{válvula}} = 95.840 \text{ € (7)}$$

$$\text{Válvulas de } 51.5^\circ \rightarrow 34.875 \frac{\text{válvulas}}{\text{año}} * 8.11\% * 20 \frac{\text{€}}{\text{válvula}} = 56.560 \text{ € (8)}$$

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Nº de Válvulas defectuosas	Pérdidas
6.292 de 90º	125.840 €
4.792 de 38.5º	95.840 €
2.828 de 51.5º	56.560 €
TOTAL	278.240 €

Tabla 4: Pérdidas con porcentajes históricos globales

Con los porcentajes nuevos tendríamos:

$$\text{Válvulas de } 90^\circ \rightarrow 69.750 \frac{\text{válvulas}}{\text{año}} * 4\% * 20 \frac{\text{€}}{\text{válvula}} = 55.800 \text{ € (9)}$$

$$\text{Válvulas de } 38.5^\circ \rightarrow 34.875 \frac{\text{válvulas}}{\text{año}} * 6\% * 20 \frac{\text{€}}{\text{válvula}} = 41.850 \text{ € (10)}$$

$$\text{Válvulas de } 51.5^\circ \rightarrow 34.875 \frac{\text{válvulas}}{\text{año}} * 3\% * 20 \frac{\text{€}}{\text{válvula}} = 20.925 \text{ € (11)}$$

Nº de Válvulas defectuosas	Pérdidas
2.790 de 90º	55.800 €
2093 de 38.5º	41.850 €
1.046 de 51.5º	20.925 €
TOTAL	118.575 €

Tabla 5: Pérdidas con nuevos porcentajes de rechazo

Siendo las ganancias netas de

$$278.240 (\text{pérdidas antiguas}) - 118.575 (\text{pérdidas actuales}) = 159.665\text{€}$$

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Esta cantidad tiene en cuenta únicamente el precio de la materia prima con lo que el ahorro sería aún mayor si tenemos en cuenta la cantidad de horas desperdiciadas por los operarios del Quality Wall examinando piezas defectuosas, en su posterior retrabajo, su transporte y almacenaje innecesario dentro de la empresa y en su segundo examen por parte de los operarios del *Quality Wall*, siendo estas acciones, además de ir en contra de unos de los principales despilfarros propuestos por Lean Manufacturing (Exceso de almacenamiento, Transporte y movimientos innecesarios además de los defectos, rechazos y reprocesados). Con esta mejora del porcentaje de rechazo se consigue hacer el proceso más eficiente acercándonos al objetivo del Lean Manufacturing de obtener la máxima calidad del producto al más bajo coste y en el menor tiempo posible.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

11 BIBLIOGRAFÍA

- Lluch Gavara, P. (2012) Mejora del sistema productivo en Tenneco Valencia, pasando de push a pull e incrementando el flujo de materiales. García Sabater J.J. Proyecto final carrera. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia
- Hernández Matías, J.C.; Vizán Idolpe A. (2013) Lean manufacturing, conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Escuela de organización industrial. Gobierno de España, ministerio de industria, energía y turismo. 178 págs. ISBN 978-84-15061-40-3
- Liker J.K.; Meier D. (2006) The Toyota way fieldbook, a practical guide for implementing toyota's 4Ps. McGraw-Hill. 498 págs. DOI: 10.1036/0071448934
- Von Zündt A. (2 de Enero 2012) GM Electric Valve [powerpoint]: Assembly Flow
- Advanced Engineering Tenneco (29 de Mayo 2013) Electric Valve [powerpoint]: Valve Pin Rattling, Actuator EMC Change, Actuator PWM Drift Compensation
- Advanced Engineering Valencia Team (Marzo 2013) Válvulas eléctricas [powerpoint]

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

PRESUPUESTO

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

<u>12. NECESIDAD DEL PRESUPUESTO.....</u>	<u>113</u>
<u>13. CONTENIDO DEL PRESUPUESTO.....</u>	<u>113</u>
13.1. Estudio económico.....	113
13.1.1. Material fungible	113
13.1.2. Costes de personal	114
13.2. Resumen del presupuesto.....	115

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

12. NECESIDAD DEL PRESUPUESTO

El trabajo realizado se ha desarrollado aprovechando y reorganizando los recursos que disponía la empresa, tanto los programas informáticos para la recogida de datos como los utensilios utilizados en los experimentos, siendo no necesario un gran desembolso para la adquisición de nuevos materiales. Una de las ventajas del ciclo PDCA es su bajo coste inicial y su rápida implementación, esto puede observarse en la segunda cadena de A3, lejos del lento y costoso proceso que supondría modificar la geometría de la máquina, se opta por utilizar unos trozos de cinta aislante, los resultados pueden no ser tan rigurosos pero nos proporcionan una aproximación de si hemos acertado con el cambio o no. Dicho esto el mayor coste del trabajo serán los costes del personal.

13. CONTENIDO DEL PRESUPUESTO

Para el desarrollo del presente presupuesto se han seguido las recomendaciones del CTT (Centro de apoyo a la innovación, la investigación y la transferencia de tecnología). El estudio consta de las siguientes partes:

- Material fungible
- Costes de personal

13.1. Estudio económico

Debido a que no ha sido necesaria la adquisición de ningún equipo (tanto informático como de maquinaria) exclusivamente para la realización de este trabajo, el apartado de material inventariable (común en la mayoría de presupuestos) puede ser excluido del presupuesto.

13.1.1. Material fungible

Comprende las herramientas o aparatos de vida útil baja que hayan sido empleados para la realización del trabajo. Repasemos los experimentos realizados

- Primera cadena de A3: cambio de orientación y altura de electrodos punteadora 1
- Segunda cadena de A3: cambio geometría de la soldadura con cinta aislante en punteadora 2
- Tercera cadena de A3: Variación altura soldadura en la TIG suplementando con arandelas y láminas de cobre
- Cuarta cadena de A3: Cambio de electrodos en la punteadora 2

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Como puede observarse tanto la segunda como la tercera cadena de A3 tienen un coste mínimo (el precio de unos cuantos trozos de cinta aislante y unas cuantas arandelas o láminas de cobre) llevando el mayor peso del presupuesto los electrodos.

U.M	UNIDAD DE OBRA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
€	Electrodo inferior punteadora 1	4	25	100
€	Electrodo inferiores punteadora 2	3	50	150
€	Electrodo superior punteadora 2	3	60	180
TOTAL				430

Tabla 6: Presupuesto material fungible

13.1.2. Costes de personal

En el siguiente apartado se describen los costes generados por el Ingeniero durante la realización del trabajo. Según el CTT los gastos asociados a un Titulado Medio son los que se corresponderían con un ingeniero técnico, actualmente un graduado en ingeniería.

CATEGORIA	RETRIBUCIÓN ANUAL BRUTA		COSTE ANUAL CON S.S. (32.1%) E INDEMNIZACIÓN (3.04%)		COSTE HORARIO (INCLUIDO S.S. E INDIRECTOS)	
	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
TITULADO MEDIO	13.425,72	25.774,42	18.143,52	34.831,55	27,7	37,2

Tabla 7: Gastos asociados a un graduado en ingeniería

Como el ingeniero encargado acaba de terminar sus estudios se le asignara el salario más bajo, siendo el coste horario de 27.7 €.

Juan Cardona Peydro, Julio 2015

Con lo que tenemos:

$$300 \text{ horas trabajadas} * 27.7 \text{ €/hora} = 8310 \text{ € (14)}$$

El coste total del ingeniero será de 8310 €.

En los gastos de mantenimiento debemos incluir los gastos que se desprenden de los equipos informáticos así como los de la oficina técnica, como por ejemplo luz, conexión a internet, servicios de limpieza... Esta cantidad debe estimarse alrededor del 7% del coste de la mano de obra necesaria para la ejecución del trabajo, obteniendo la siguiente cantidad:

$$7\% \text{ de } 8310 = 581.7 \text{ €}$$

Los gastos de mantenimiento ascienden hasta los 581.7€

13.2. Resumen del presupuesto

A continuación se procede a realizar la elaboración del presupuesto final

CONCEPTO	INPORTE (€)
Mano de obra	8310
Mantenimiento	581.7
Material	430
Subtotal	9321.7

Tabla 8: Presupuesto sin I.V.A.