



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

# ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

AUTOR: EDUARDO PÉREZ SÁNCHEZ  
TUTOR: JULIO JUAN GARCÍA SABATER

Curso Académico: 2017-18



## Agradecimientos

Primero me gustaría agradecer a Tenneco Automotive S.L. la empresa dónde he realizado el proyecto. Principalmente a mi tutor Alberto Romance y a Salvador Rivero, con los cuáles he compartidos grandes momentos, aprendiendo de su experiencia y veteranía lo cual me ha servido de gran ayuda para mi asimilación de la mejora continua.

Quisiera añadir también a las personas que han sido piezas claves a la hora de poder acceder a esta empresa, que son: Cecilio Álvarez, Néstor Rodríguez, David Bayarri y Alejandro Martínez.

Por otro lado, quisiera nombrar a familia y amigos, ya que han sido piezas fundamentales durante todo el proceso de realización del grado y sin los cuales hubiera resultado mucho más sacrificado.

## Resumen (castellano)

El trabajo surge a raíz de la incorporación de un nuevo producto, el tubo con sonda en la empresa Tenneco Automotive Ibérica. Dicho tubo, junto con unos catalizadores han provocado un descenso de la eficiencia de la línea.

El objeto de este es la mejora de dicha eficiencia y también una disminución de chatarras, focalizándose tanto en el proceso de la propia línea como en las anteriores, también en dicha planta.

El proyecto realizado se basa en un estudio inicial, un análisis de los problemas críticos y una serie de contramedidas. Todo esto mediante el uso de herramientas de la filosofía de Lean manufacturing y también de 6-Sigma.

Quisiera añadir que, para una mejor comprensión de este, el trabajo comienza con una breve explicación de la empresa y de los tubos de escape, siguiendo con una explicación teórica de las herramientas utilizadas y finalizando con la descripción de las medidas adoptadas y sus posteriores conclusiones.

**Palabras Clave:** Sonda, Tenneco, Lean, A3, tubo de escape, útil, eficiencia, chatarra.

## Resum (valencià)

El treball sorgeix arran de la incorporació d'un nou producte, el tub amb sonda a l'empresa Tenneco Automotive Ibèrica. Aquest tub, juntament amb uns catalitzadors han provocat un descens de l'eficiència de la línia.

L'objecte d'aquest és la millora d'aquesta eficiència así com una disminució de ferralles, focalitzant tant en el procés de la pròpia línia com en les anteriors, també en aquesta planta.

El projecte realitzat es basa en un estudi inicial, una anàlisi dels problemes crítics i una sèrie de contramesures. Tot això mitjançant l'ús d'eines de la filosofia de Lean manufacturing así com de 6-Sigma.

Voldria afegir que, per a una millor comprensió d'aquest, el treball comença amb una breu explicació de l'empresa i dels tubs d'escapament, seguint amb una explicació teòrica de les eines utilitzades i finalitzant amb la descripció de les mesures adoptades i les seves posteriors conclusions.

**Paraules Clau:** Sonda, Tenneco, Lean, A3, tub d'escapament, útil, eficiència, ferralla.

## Abstract (English)

This project arises as a result of the incorporation of a new product, the probed tube in Tenneco Automotive Iberica company. This tube, along with some catalysts have caused a decrease in the efficiency of the line.

The object of this study is to improve this efficiency and decrease the amount of scrap, focusing on the process of the line itself as in the previous ones, from the same plant.

This project is based on an initial study, an analysis of the critical problems and a series of countermeasures. All this through the use of tools from both the Lean manufacturing philosophy and 6-Sigma.

I would like to add that, for a better understanding of this project, this study begins with a brief explanation of the company and the exhaust pipes. Then, it is followed by a theoretical explanation of the tools used and last, it ends with the description of the measures adopted and their subsequent conclusions.

**Keywords:** Probe, Tenneco, Lean, A3, exhaust pipe, useful, efficiency, scrap

## Índice

### Contenido

- Memoria
- Presupuesto

<b>MEMORIA.....</b>	<b>11</b>
ÍNDICE .....	12
1. <i>Introducción</i> .....	14
1.1 Objeto del proyecto .....	14
1.2 Justificación .....	15
1.3 Antecedentes .....	16
2. <i>Descripción de la empresa</i> .....	17
2.1 La empresa .....	17
2.1.1. Tenneco .....	18
2.1.2. Actividades y productos del grupo Tenneco.....	18
2.1.3. Actividades y productos de la planta Tenneco Automotive Ibérica S.A. ....	19
2.2. Conclusión .....	20
3. <i>Descripción del producto</i> .....	21
3.1. Introducción .....	21
3.2 Sistemas de escape .....	21
3.3. Conclusión .....	23
4. <i>Marco teórico</i> .....	24
4.1. Introducción .....	24
4.2. Orígenes y antecedentes de la filosofía Lean.....	24
4.3. Definición filosofía lean.....	24
4.4. Filosofía lean .....	25
4.5. Ciclo de Deming .....	26
4.6. Metodología Six Sigma .....	26
4.7. Herramientas del proyecto .....	28
4.7.1. 5S .....	28
4.7.2. Project Charter.....	29
4.7.3. Diagrama de Ishikawa.....	30
4.7.4. Matriz XY.....	31
4.7.5. Reporte A3 .....	31
4.7.6. Poka-Yoke .....	33
4.7.7. DPU .....	33
4.7.8. RED BIN .....	33
4.8. Conclusión .....	33
5. <i>Descripción de la línea</i> .....	35
5.1. Introducción .....	35
5.2. Presentación de los elementos soldados .....	35
5.3. Área de trabajo .....	36
5.4. Descripción del proceso de montaje.....	37
5.5. Descripción de los problemas .....	38
5.5.1. Problemas en el curvado .....	38
5.5.2 Problemas en el taladrado.....	40
5.5.3. Problemas de soldadura .....	41
5.6. Plan de acción .....	41
5.7. Conclusión .....	46
6. <i>1ª Cadena de A3 (reducción de chatarra debida a que los tubos se rajan al soldar)</i> .....	47
6.1. Introducción .....	47

---

6.2. Experimentación .....	47
6.3. Conclusión .....	59
7. 2ª Cadena A3 (rotura del motor).....	61
7.1. Introducción .....	61
7.2. Experimentación .....	61
7.3. Conclusión .....	65
8. Conclusiones finales .....	67
8.1. Implementación en línea y seguimiento .....	68
8.2. Resultado económico .....	71
9. Bibliografía .....	72
<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>73</b>
ÍNDICE .....	74
1. Necesidad del presupuesto.....	75
2. Contenido del presupuesto.....	75
2.1. Costes de personal .....	75
2.2. Material fungible.....	76
2.3. Resumen presupuesto .....	76

## Índice ilustraciones

Ilustración 1: Problema principal de soldadura (elaboración propia).....	14
Ilustración 2: Punto de inicio y objetivo de % eficiencia.....	14
Ilustración 3: Punto de inicio y objetivo de % Chatarra.....	15
Ilustración 4: Localización de Tenneco (fuente: Google maps) .....	17
Ilustración 5: Localización en el polígono industrial de Beniparrell (fuente: Google maps).....	17
Ilustración 6: Logo Tenneco (fuente: www.tenneco.com) .....	18
Ilustración 7: Clientes OE de Tenneco (fuente: www.tenneco.com).....	18
Ilustración 8: Zona de producción nave Tenneco (fuente: Tenneco) .....	19
Ilustración 9: Boceto colector de escape [fuente: www.aficionadosalamecanica.net].....	21
Ilustración 10: Diseño 3D, Válvula EGR Tenneco .....	21
Ilustración 11: Catalizador Tenneco (elaboración propia) .....	22
Ilustración 12: Monolito catalizador (elaboración propia) .....	22
Ilustración 13: Logo TOYOTA (fuente: www.toyota.es) .....	24
Ilustración 14: Casa de lean (fuente: www.leansolutions.com) .....	25
Ilustración 15: Ciclo de Deming (fuente: www.lifeder.com).....	26
Ilustración 16: Relación estadísticas de sigma (fuente: www.leansolutions.com).....	27
Ilustración 17: Six sigma (fuente www.qualitymag.com) .....	28
Ilustración 18: Formato 5S producción Tenneco .....	29
Ilustración 19: Project charter para mixers en Tenneco.....	30
Ilustración 20: Diagrama Ishikawa .....	30
Ilustración 21: Matriz YX (fuente: www.diygreat.com) .....	31
Ilustración 22: A3 producción Tenneco .....	32
Ilustración 23: Poka-yoke (fuente: www.risk21.com).....	33
Ilustración 24: Referencia: 82448123 (elaboración propia) .....	35
Ilustración 25: Referencia: 70008170 (elaboración propia) .....	35
Ilustración 26: Referencia: 82423503 sin sonda (elaboración propia) .....	36
Ilustración 27: Referencia: 82251597 (elaboración propia) .....	36
Ilustración 28: Lay out L06H (elaboración propia).....	37
Ilustración 29: Leyenda ilustración 28 (elaboración propia).....	37
Ilustración 30: Proceso de montaje (elaboración propia).....	38
Ilustración 31: Útil referencia 82448123 (elaboración propia).....	39
Ilustración 32: Útil referencia 82423503 (elaboración propia).....	39
Ilustración 33: Útil referencia 82251597 (elaboración propia).....	39
Ilustración 34: Útil referencia 70008170 (elaboración propia).....	39
Ilustración 35: Útil de control referencia 82423503 (elaboración propia) .....	39
Ilustración 36: Agujero con rebaba 1 (elaboración propia) .....	40
Ilustración 37: Agujero con rebaba 2 (elaboración propia) .....	40
Ilustración 38: Sonda introducida (elaboración propia) .....	40
Ilustración 39: Sonda sin poderse introducir (elaboración propia) .....	40
Ilustración 40: Tubo rajado al soldar (elaboración propia).....	41

Ilustración 41: Sonda soldada Ok (elaboración propia) .....	41
Ilustración 42: Project charter L06H (Fuente: Tenneco) .....	42
Ilustración 43: Diagrama de Ishikawa L06H (fuente: Tenneco) .....	43
Ilustración 44: Matrix XY del proyecto (elaboración propia) .....	44
Ilustración 45: (%) Chatarras y eficiencias por referencia.....	44
Ilustración 46: DPU catalizador (elaboración propia) .....	45
Ilustración 47: Ayuda visual DPU catalizador (fuente: Tenneco) .....	45
Ilustración 48: DPU tubos sonda (elaboración propia) .....	45
Ilustración 49: Estadillo localización fallo soldadura (elaboración propia).....	46
Ilustración 50: Diagrama de Ishikawa chatarra L06H (fuente: Tenneco).....	47
Ilustración 51: A3 Reducción de potencia del robot .....	48
Ilustración 52: A3 Renovación taladro .....	49
Ilustración 53: Taladro viejo (elaboración propia) .....	50
Ilustración 54: Taladro nuevo (elaboración propia).....	50
Ilustración 55: A3 cambio de fresa a corona.....	51
Ilustración 56: Fresa de taladro (elaboración propia).....	51
Ilustración 57: Corona de diente triangular de marca Lenox (elaboración propia).....	51
Ilustración 58: A3 corona XTR .....	52
Ilustración 59: Corona XTR (fuente: Blue-master) .....	52
Ilustración 60: A3 Modificación útil ref:82448213.....	53
Ilustración 61: Torreta útil 82448123 con presionador (elaboración propia) .....	54
Ilustración 62: Torreta Útil 82448123 sin presionador (elaboración propia) .....	54
Ilustración 63: A3 1º Modificación útil ref:70008170 .....	55
Ilustración 64: Centrador de la ref:70008170 (elaboración propia) .....	55
Ilustración 65: Torreta con poka-yoke en la pared ref:70008170 (elaboración propia).....	55
Ilustración 66: 2º Modificación útil ref:70008170 .....	56
Ilustración 67: Torreta en forma de U (elaboración propia).....	56
Ilustración 68: A3 Modificación útil ref:82423503.....	57
Ilustración 69: Centrador (elaboración propia).....	57
Ilustración 70: Pieza cortada externo (elaboración propia).....	58
Ilustración 71: Pieza cortada interno (elaboración propia) .....	58
Ilustración 72: Reducción del voltaje en el segundo cordón .....	59
Ilustración 74: A3 Compra de 2 motores .....	62
Ilustración 75: A3 Revisión de una preparación.....	63
Ilustración 76: A3 Preparación mediante Team support .....	64
Ilustración 77: A3 Modificación método de trabajo .....	65
Ilustración 78: (%) De chatarra y eficiencia L06H.....	69
Ilustración 79: (%) De chatarras por referencias.....	70
Ilustración 80: (%) Eficiencias por referencias .....	70

# Memoria

# Índice

1. Introducción.....	14
1.1. Objeto del proyecto .....	14
1.2. Justificación.....	15
1.3. Antecedentes .....	16
2. Descripción de la empresa.....	17
2.1. La empresa .....	17
2.1.1. Tenneco.....	18
2.1.2. Actividades y productos del grupo Tenneco.....	18
2.1.3. Actividades y productos de la planta Tenneco Automotive Ibérica S.A.	19
2.2. Conclusión .....	20
3. Descripción del producto .....	21
3.1. Introducción .....	21
3.2. Sistemas de escape .....	21
3.3. Conclusión.....	23
4. Marco teórico .....	24
4.1. Introducción .....	24
4.2. Orígenes y antecedentes de la filosofía lean .....	24
4.3. Definición filosofía lean.....	24
4.4. Filosofía lean .....	25
4.5. Ciclo de Deming .....	26
4.6. Metodología Six Sigma.....	26
4.7. Herramientas del proyecto .....	28
4.7.1. 5S.....	28
4.7.2. Project Charter.....	29
4.7.3. Diagrama de Ishikawa .....	30
4.7.4. Matriz XY .....	31
4.7.5. Reporte A3 .....	31
4.7.6. Poka-Yoke.....	33
4.7.7. DPU .....	33
4.7.8. RED BIN .....	33
4.8. Conclusión.....	33
5. Descripción de la línea.....	35
5.1. Introducción .....	35
5.2. Presentación de los elementos soldados.....	35
5.3. Área de trabajo .....	36
5.4. Descripción del proceso de montaje.....	37
5.5. Descripción de los problemas .....	38
5.5.1. Problemas de curvado .....	38
5.5.2. Problemas en el taladro .....	40
5.5.3. Problemas de soldadura .....	41
5.6. Plan de acción .....	41
5.7. Conclusión.....	46
6. 1ª Cadena de A3 (Reducción de chatarra debida a que los tubos se rajan al soldar).....	47
6.1. Introducción .....	47
6.2. Experimentación .....	47
6.3. Conclusión.....	59

ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE  
PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

---

7. 2ª Cadena de A3 (Recambio motor).....	61
7.1. Introducción.....	61
7.2. Experimentación.....	61
7.3. Conclusión.....	65
8. Conclusiones finales.....	67
8.1. Implementación en línea y seguimiento.....	68
8.2. Resultado económico.....	71
9. Bibliografía.....	72

# 1.Introducción

## 1.1 Objeto del proyecto

El objeto del proyecto es la mejora de la eficiencia y a su vez, de la disminución del porcentaje de chatarra de la Línea 6H de la nave 6 en la sede de Tenneco Automotive Ibérica S.A. en Beniparrell, es decir, dicho trabajo se centra en una reducción de costes en una línea de fabricación dedicada a la soldadura por resistencia de tubos-sonda y a la de un catalizador. Sobre todo, del tubo sonda ya que es la nueva incorporación a la línea y es la que está dando problemas.

Para partir de un punto de inicio se van a tomar los datos de eficiencia y del porcentaje de chatarra de la línea a la llegada a la empresa y como tal se fijará un objetivo a cumplir (dicho objetivo ha sido estipulado por el departamento de calidad).

Para entender mejor los datos a los que nos referimos se van a explicar dos pequeños conceptos:

-Eficiencia:  $\text{Producción Obtenida} / \text{Producción posible} \times 100$

-Chatarra: Aquella pieza defectuosa que no satisface los requisitos/especificaciones demandadas por el cliente.

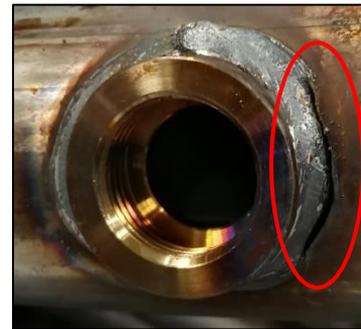


ILUSTRACIÓN 1: PROBLEMA PRINCIPAL DE SOLDADURA (ELABORACIÓN PROPIA)

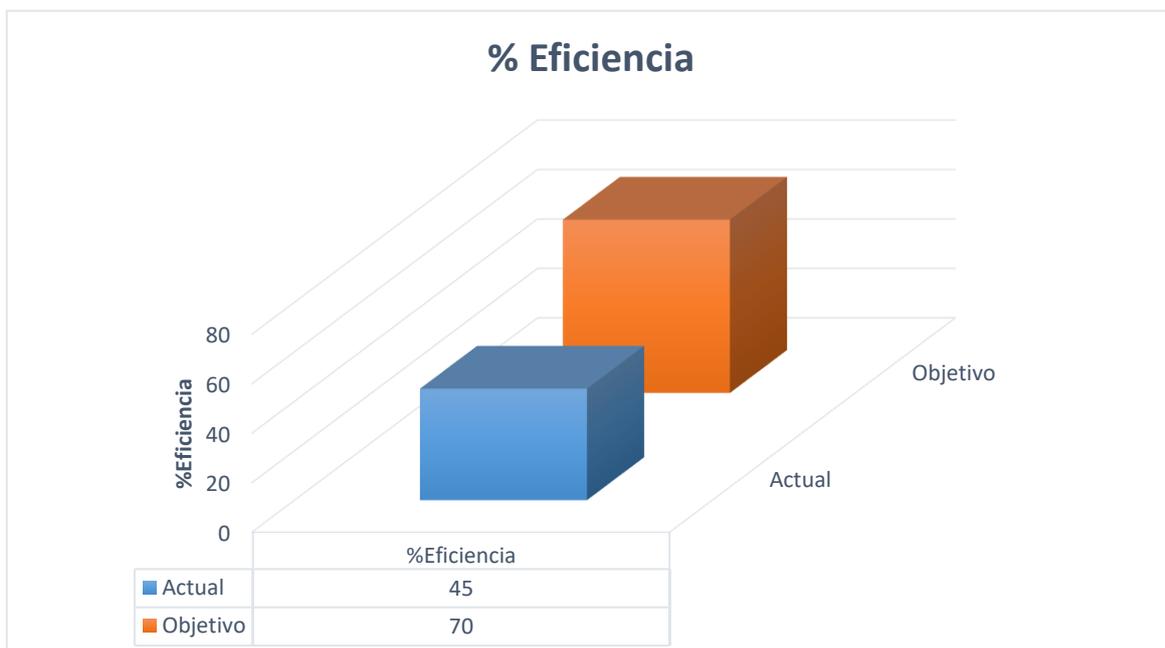


ILUSTRACIÓN 2: PUNTO DE INICIO Y OBJETIVO DE % EFICIENCIA

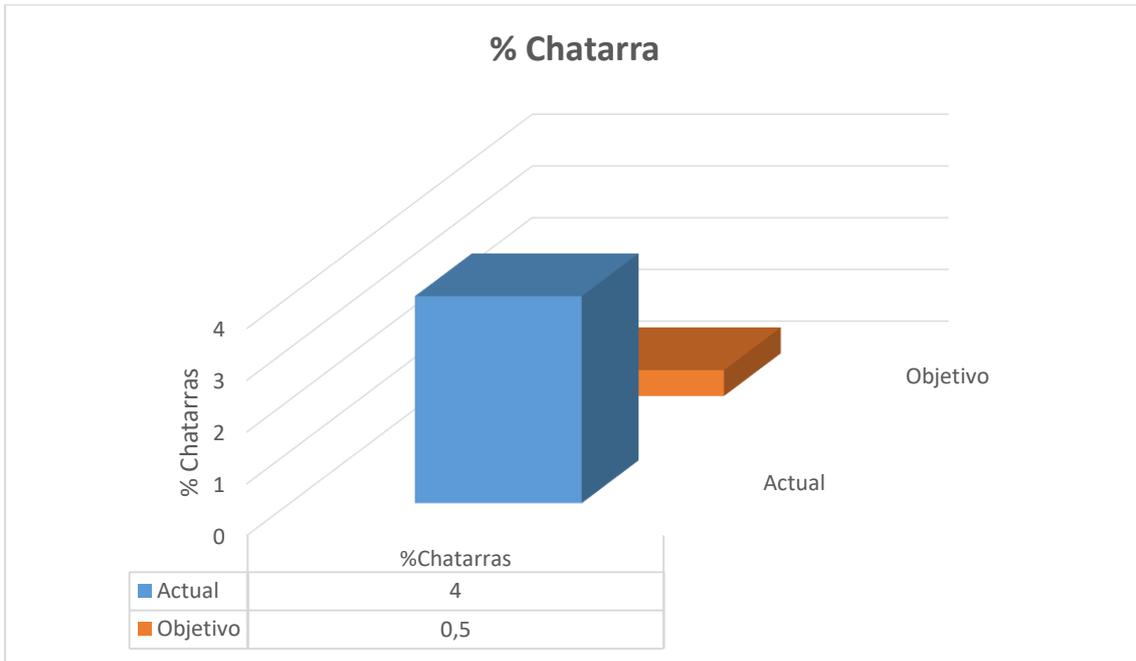


ILUSTRACIÓN 3: PUNTO DE INICIO Y OBJETIVO DE % CHATARRA.

## 1.2 Justificación

Actualmente la demanda del tubo sonda es muy baja debido a que es un proyecto nuevo y está iniciándose. Por ello, la línea está casi siempre con referencias de catalizadores. Lo que está provocando unos datos de eficiencia de línea bastante altos para los que se podrían esperar si solo se produjeran tubos sonda ya que los catalizadores llevan un año fabricándose en esa línea y sus resultados actuales son considerados como buenos (70%). Sin embargo, en los próximos años se espera que el volumen de producción aumente hasta llegar a utilizarse exclusivamente para los tubos sonda.

Esta eficiencia tan baja es debido a que, aunque Tenneco haya ya fabricado tubos con sonda, hay una gran novedad. Hasta ahora, la sonda siempre era mayor que el agujero y se soldaba con la sonda solapada al tubo. Sin embargo, en esta soldadura la sonda entra dentro del agujero realizando la soldadura sin solape lo que está provocando numerosos problemas y como consecuencia paradas de línea.

El problema que se pretende resolver es de capacidad y de no llegar a los costes cotizados para la adjudicación y nominación de dicho proyecto a Tenneco Valencia. Ya que con una eficiencia tan baja y el dato de chatarras situado donde está, la empresa perdería dinero fabricando dicho tubo. Hay que añadir, que será en el apartado de presupuesto donde se detallarán las cuantías económicas.

Tenneco pretende actuar ante dicha situación antes de que se le avecine el problema, por ello, ha creado un equipo encargado de remediarlo.

### 1.3 Antecedentes

Tenneco es una de las empresas líder en el sector de la fabricación y distribución de sistemas de amortiguación y sistemas de escape para vehículos. Su éxito se basa en la confianza de sus clientes en sus conocidas y respetadas marcas bajo las que fabrica sus productos, las cuales ofrecen la mejor calidad, prestaciones y servicio que se encuentran en el mercado.

Tenneco Automotive Ibérica S.A es el nombre de la sociedad creada en España, la cual dispone de varias sedes. En una de estas sedes es donde se realiza dicho trabajo, la cual, está situada en Beniparrell, un pueblo situado a unos 10 Km de Valencia. Esta sede tiene como misión principal la producción de tubos de escape, catalizadores, mixers, silenciadores y válvulas de escape.

Los comienzos de la nave de Valencia empezaron en 1970 bajo el nombre de Fonos y no fue hasta el año 2000 cuando fue absorbida por la multinacional Tenneco, con también sedes en Polonia, EE. UU., Sudáfrica, Alemania, etc.

Durante ese tiempo sufrió una gran reconversión dónde pasó de ser una fábrica exclusivamente de tubos de escape, a realizar diferentes productos como las válvulas o mixers, además de la aplicación de nuevas tecnologías como la soldadura láser. Por otro lado, un cambio total en su filosofía, la cual pasó de producir lo máximo posible a producir lo que necesita, es decir una incorporación de la filosofía Lean.

Por tanto, se puede observar como los más de 40 años de experiencia de esta empresa avalan que la sede de Valencia posea una gran capacidad para el desarrollo de nuevos proyectos de este tipo.

Además, la empresa lleva años realizando soldaduras de tubo sonda, y aunque esta sea de manera diferente, seguro que gran parte de lo aprendido en las anteriores situaciones se puede aplicar a estas nuevas referencias/productos.

## 2.Descripción de la empresa

### 2.1 La empresa

TENNECO AUTOMOTIVE IBERICA, S.A., es una empresa española perteneciente al Grupo TENNECO INC., multinacional con sede en Estados Unidos, que centra su actividad en la fabricación de equipos avanzados del Sector de la Automoción, tanto para primeras marcas de vehículos como para marcas de post venta.

La sede en España está localizada en la calle Alfafar 85, en Beniparrell un pequeño municipio de Valencia, España.

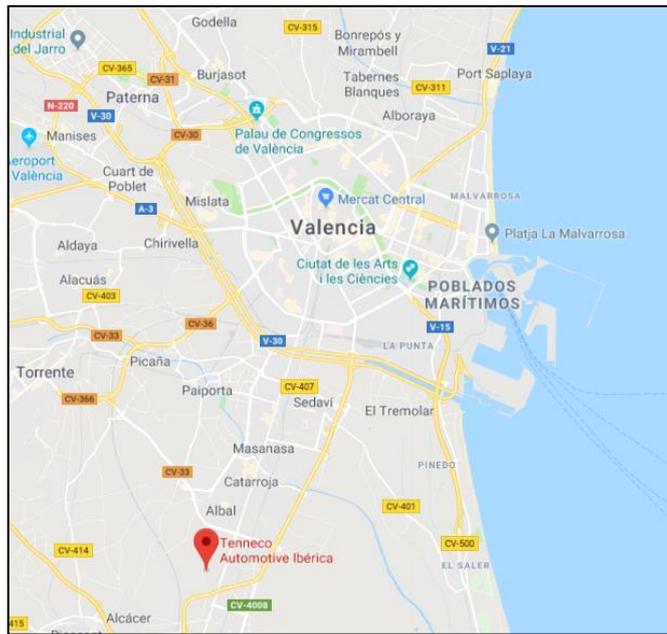


ILUSTRACIÓN 4: LOCALIZACIÓN DE TENNECO (FUENTE: GOOGLE MAPS)

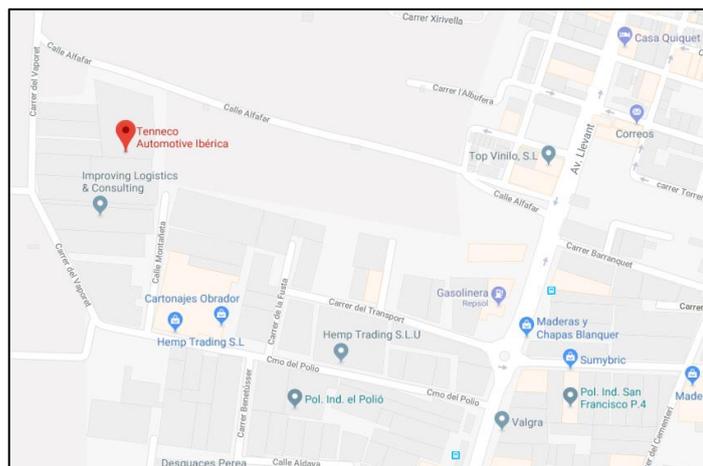


ILUSTRACIÓN 5: LOCALIZACIÓN EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BENIPARRELL (FUENTE: GOOGLE MAPS)

Hay que añadir que Tenneco acaba de comprar Federal Mogul por 4.373 millones de euros, una empresa dedicada exclusivamente a productos de posventa. Esta situación ha

provocado durante la realización del proyecto un estado de incertidumbre sobre el futuro de la sede de Valencia, el de sus trabajadores y el de sus productos. Por ello, toda la información que se dé en este trabajo podrá variar debido a esta nueva situación, ya que los datos aportados son previos a dicha compra.

### 2.1.1. Tenneco

El grupo TENNECO surge como un conjunto de 6 empresas especializadas en distintos sectores: naval, agrícola, construcción, automotriz, transporte de gas y productos químicos.

Sin embargo, entre 1994 y 1995 solo sobrevivieron las empresas dedicadas al sector del automóvil, dejando el resto de formar parte del grupo.

De esta forma en 1999 se separó en TENNECO PACKAGING y TENNECO siendo esta una nueva empresa independiente.

Tras empezar a cotizar en 2005 en la bolsa de Wall Street ha crecido hasta el punto de contar con 92 fábricas por todas partes del mundo, desde Sudáfrica hasta Polonia, pasando por Alemania, España, EE. UU. etc. y además de poseer 15 centros de ingeniería sumando un total de más de 32.000 empleados y alcanzando una facturación global de cerca de 9 billones de dólares.

Tenneco cuenta con dos tipos de clientela principalmente:

1º Venta a fabricantes de vehículos, por ejemplo: Toyota, Land Rover, Mercedes, Nissan, BMW, etc.

2º Venta a empresas de recambios (aftermarketed) como Advanced Auto Parts o FCA.



ILUSTRACIÓN 6: LOGO TENNECO  
(FUENTE: WWW.TENNECO.COM)



ILUSTRACIÓN 7: CLIENTES OE DE TENNECO (FUENTE: WWW.TENNECO.COM)

### 2.1.2. Actividades y productos del grupo Tenneco

El grupo Tenneco se dedica principalmente al diseño y fabricación de equipos para el sector automovilístico mundial. Exactamente está enfocada a tubos de escape, mixers, válvulas, y sistemas de suspensión.



## 2.2. Conclusión

Tenneco está, hoy en día, en la vanguardia tecnológica del sector automovilístico. Cumpliendo con las exigencias de sus clientes, tanto en primeras marcas de vehículos como en la posventa respecto a sistemas de escape, de suspensión, válvulas y mixers.

Estos grandes logros han sido conseguidos gracias a sus directrices de dirección:

- Impulsar el diseño, la calidad y la innovación.
- Dar la mejor formación técnica a sus recursos humanos.
- Reorientar la producción hacia el respeto del medio ambiente enfocándose en realizar un transporte más silencioso, seguro y limpio.
- Ofrecer la máxima calidad del sector.

Y además gracias a su visión y valores tan precisos:

- **Responsabilidad:** Comprometidos con su trabajo.
- **Salud y seguridad:** Comprometidos con un ambiente de trabajo saludable y seguro para todos los empleados.
- **Innovación:** Descubriendo nuevas soluciones, utilizando su gran experiencia en ingeniería y tecnologías avanzadas.
- **Integridad:** Ser honesto, justo y no comprometer su propia ética.
- **Pasión y un sentido de urgencia:** Deseo de satisfacer al cliente.
- **Perseverancia:** Resolutiva e inflexible; la búsqueda implacable de un objetivo.
- **Orientado a los resultados:** Tomando autoridad; conduciendo para alcanzar y cumplir con los compromisos.
- **Trabajo en equipo:** Colaboración sin fisuras.
- **Transparencia:** Con los problemas planteados; siendo abierto.
- **Confianza:** Confiar y tener fe el uno en el otro.

## 3. Descripción del producto

### 3.1. Introducción

Puesto que el proyecto va enfocado a la mejora de la línea de soldadura de unos tubos-sonda y a la de unos catalizadores, en este capítulo se va a realizar un resumen de las partes del sistema de escape en la dirección que comienza tras la cámara de combustión hasta la atmósfera. Una vez conocido este proceso, se explicará el sentido de la línea en este proceso.

### 3.2 Sistemas de escape

#### Colector

Nada más salir de la cámara de combustión, se encuentra el colector. La función de este es juntar en un único tubo los gases generados por cada uno de los cilindros. Debido a la alta temperatura de los gases, estos están formados por un material muy resistente a la corrosión y con gran resistencia a la trasmisión de calor, para evitar pérdidas.

Además, el diseño de este, tanto en forma como en longitud, es de vital importancia, ya que están diseñadas principalmente para favorecer el rendimiento del motor y la limpieza de los cilindros. Por otro lado, el diseño de estos también está enfocado al estudio de ondas, ya que se tiende a evitar choques y, por tanto, a eliminar las ondas de reflexión que podrían ocasionar la circulación en la dirección errónea de dichos gases.

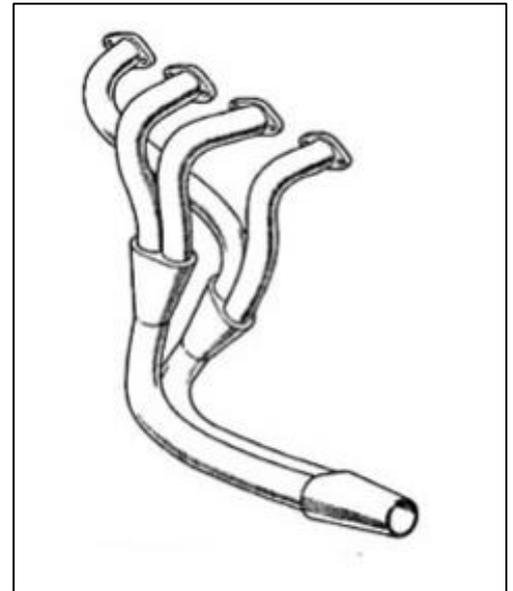


ILUSTRACIÓN 9: BOCETO COLECTOR DE ESCAPE  
[FUENTE: WWW.AFICIONADOSALAMECANICA.NET]

#### Válvula EGR

Dicha válvula posee la misión de reintroducir parte de los gases de escape dentro de la cámara del cilindro ya que tiene efectos ventajosos a la hora de reducir los efectos contaminantes, más concretamente los óxidos de nitrógeno.

Este efecto se produce debido a la disminución de la temperatura, ya que se reduce la cantidad de aire del exterior que entra al cilindro. Sin embargo, esta medida que lucha contra la contaminación provoca que el motor reduzca su potencia.

Por otro lado, y aunque no coincida con dicho orden. Para vehículos de gran potencia como el “Corvette” también se localizan a la salida del escape, para controlar el sonido que se genera en el motor.



ILUSTRACIÓN 10: DISEÑO 3D, VÁLVULA EGR TENNECO

### Catalizador

El catalizador posee la función de neutralizar los elementos contaminantes contenidos en los gases, para convertirlos en sustancias inocuas. Los catalizadores, están diseñados por miles de conductos de tamaño milimétrico, en forma de malla con una estructura fabricada en material cerámico. Dicho elemento contiene dos bloques: el primero, está bañado en rodio y platino y una segunda parte en paladio y platino. Estos metales preciosos son los encargados de la neutralización, sin embargo, sólo funcionan a partir de unos 700°C, de ahí su proximidad con el motor. Añadir para terminar este apartado que los catalizadores en su estado óptimo pueden eliminar hasta un 90% de los elementos contaminantes, cuando se alcanza la temperatura adecuada. Por consiguiente, en los primeros minutos, con el motor frío, el catalizador no rinde y se expulsa la mayor parte de los contaminantes.



**ILUSTRACIÓN 11: CATALIZADOR TENNECO  
(ELABORACIÓN PROPIA)**



**ILUSTRACIÓN 12: MONOLITO CATALIZADOR  
(ELABORACIÓN PROPIA)**

### Silenciador

Dicho elemento sirve para reducir el ruido generado por el motor y está compuesto por cuatro partes: tubería delantera, trasera, tres cámaras de expansión y un resonador Helmholtz. Su funcionamiento es el siguiente:

Primero las ondas entran a la primera cámara de expansión a través de la tubería de entrada. Allí, por la fricción con el agujereado las ondas van perdiendo energía. Después en la segunda expansión, se produce un doble cambio de diámetro, lo que provoca que las ondas choques, reboten y por tanto vayan perdiendo su energía. De ahí se va al resonador Helmholtz que, generando, por la diferencia de presión, una onda inversa, neutraliza las ondas más energéticas. Por último, en la tercera etapa, se terminan de silenciar las débiles ondas que quedan.

### 3.3. Conclusión

Actualmente la industria del automóvil está centrada en la reducción de los elementos contaminantes y de consumos de combustible. Ya que tanto las forma de pensar de la sociedad como las legislaciones están premiando estas características a motores más potentes.

Por ello, el catalizador es la parte fundamental de cualquier sistema de escape, ya que es el encargado de la reducción de sus emisiones. Este catalizador debe estar envuelto de un cuerpo, que a su vez va a un tubo que lo enlaza con el resto de los componentes. Y esta es la tarea de la línea 6H de Tenneco, lo que implica que hay que regirse por grandes normas de calidad, puesto que si se dañara perdería su eficacia.

Por otro lado, los tubos sonda aun siendo un elemento de simple continuidad, tienen gran importancia puesto que en la sonda hembra que se suelda en la línea, después va enroscada una sonda electrónica macho que controla la temperatura de los gases a la entrada del catalizador. Este control electrónico permite comprobar y responder a las condiciones de funcionamiento del motor (modificando la cantidad de combustible que se inyecta) lo que provoca una protección contra el sobrecalentamiento y también un control electrónico del rendimiento de catalizador, ya que según la temperatura posee una eficiencia u otra.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Introducción

En este capítulo se va a realizar un breve resumen de lo que significa mejora continua, además de una explicación de los fundamentos de la filosofía *lean* y metodología *Six Sigma*. Este resumen trata de explicar a grandes rasgos la filosofía de la empresa y con ello, las herramientas usadas para la realización de este proceso.

### 4.2. Orígenes y antecedentes de la filosofía Lean

En 1948, Japón estaba en declive ya que había sido uno de los grandes países derrotados en la Segunda Guerra Mundial. Toyota, que era una de las empresas japonesas más importantes de la época, estaba al borde de la quiebra. Sin embargo, en EE. UU. vencedora de la guerra, comenzaba a realizarse su economía y por tanto empresas como Ford, principal competidora de Toyota, empezaban a acelerar su crecimiento.

En 1949, Taiichi Ohno se puso al frente de la empresa tras los malos resultados obtenidos por Toyota. Este, basándose en la filosofía de un supermercado americano, desarrolló el *Just in Time* (justo a tiempo), que se trataba de entregar lo que el cliente quería cuando él quisiera, con la calidad deseada. Este fenómeno hizo que Toyota se adaptara flexiblemente a su demanda y consiguiera repuntar la situación de quiebra alcanzando en pocos años al gigante americano.

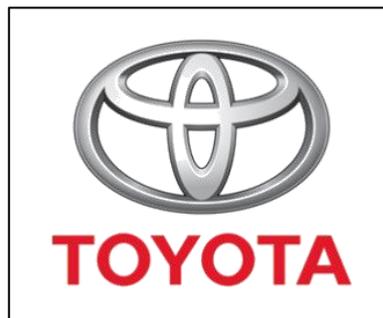


ILUSTRACIÓN 13: LOGO TOYOTA (FUENTE: WWW.TOYOTA.ES)

### 4.3. Definición filosofía *lean*

La filosofía *lean* es el modelo de proceso de producción desarrollado por Toyota y que posee como objetivo satisfacer plenamente al cliente. Este objetivo teórico se alcanzaría dándole al cliente lo que quiere, cuando quiere y al mínimo coste.

Para conseguir este propósito, esta filosofía propone que existen ocho tipos de desperdicios, los cuales, se deben reducir lo máximo posible. Estos son: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento, desperdicio y potencial humano infrautilizado.

La filosofía *lean* propone crear un bloque de personas coordinadas desde los ejecutivos hasta el más bajo de la cadena, generando grupos de trabajo para aprovechar al máximo la inteligencia y polivalencia de los trabajadores y así poder reducir dichos desperdicios de manera ágil, flexible y económica. De esta forma mejorarán en calidad y disminuirán los costes.

#### 4.4. Filosofía lean

El *lean* va más allá de una metodología de trabajo. Se trata de una manera de pensar, de crear una cultura que involucre a toda la organización enfocada a la mejora continua ya que, sin esta, dichas herramientas pierden su valía. Para conseguirlo y entenderlo fácilmente se simula con las partes de una casa, “la casa de Lean”.

##### -Cimientos

Para que una casa dure muchos años, los cimientos deben de estar perfectamente asentados. Dichos cimientos están formados por la estandarización de procesos, gestión visual, producción nivelada (*heijunka*) y pensamiento a largo plazo.

##### -Corazón:

Una vez están forjados los cimientos se trata de buscar la aceptación por parte de la organización para trabajar acorde a la mejora continua. Para ello deben implicarse con la organización trabajando continuamente en la identificación y resolución de problemas, mejorando las eficiencias y disminuyendo el uso de recursos.

##### -Pilares:

Para que el tejado se pueda colocar, se deben antes fijar los pilares sobre los cimientos. En este caso son dos pilares bien diferenciados. Donde se detallan las herramientas que servirán para alcanzar los objetivos, *Just in time* y *Jidoka* (automatización con control humano). Aquí se sitúan herramientas como las *5s*, el *A3* o los *poka-yokes*. Herramientas que luego explicaremos por su utilización en nuestro trabajo.

##### -Tejado

Una vez construido todo lo anterior, sólo falta el tejado, que simula los objetivo que se alcanzarán. En resumen, una mejora en calidad y una reducción de costes.



ILUSTRACIÓN 14: CASA DE LEAN (FUENTE: WWW.LEANSOLUTIONS.COM)

## 4.5. Ciclo de Deming

También conocido como PDCA es el pilar fundamental de la filosofía *lean*. Se trata de un sistema de mejora continua del sistema productivo a largo plazo. Disminuyendo tiempos, errores y recursos y, además, aumentando productividad y eficiencias.

El PDCA un proceso cíclico, es decir, una vez terminado, se vuelve a comenzar. Consta de los siguientes cuatro pasos que se deben realizar de forma sistemática:

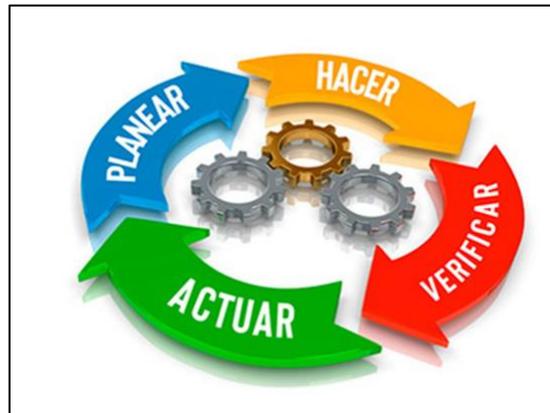


ILUSTRACIÓN 15: CICLO DE DEMING (FUENTE: WWW.LIFEDER.COM)

### Planificar:

En esta fase, se deben localizar problemas u opciones de mejora, de las cuales se fijan unos objetivos que cumplir para solucionarlos o mejorarlos y el cómo llegar a estos objetivos.

### Hacer:

Se trata de poner en marcha aquello que se ha planificado.

### Verificar:

Se trata de comprobar los resultados medibles para saber cuáles han sido los éxitos de las mejoras aplicadas.

### Actuar:

Una vez comparados los objetivos con los resultados, se trata de tomar medidas correctivas o preventivas, que permitan ampliar y consolidar estas metodologías incluso pudiendo ampliar los conocimientos aprendidos a otras áreas.

## 4.6. Metodología Six Sigma

Esta metodología también llamada DMAIC e inventada por Motorola pretende mejorar el proceso de producción hasta un nivel casi teórico de seis sigma, es decir, producir 3,4 defectos por millón. Con otras palabras, trata de asegurar la calidad del producto en el propio proceso productivo.

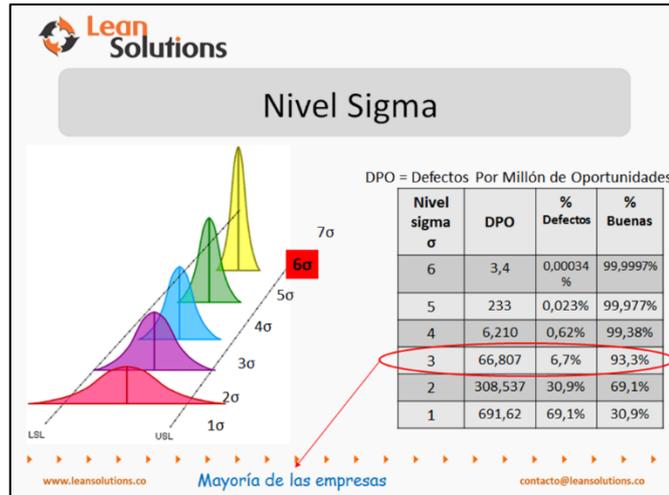


ILUSTRACIÓN 16: RELACIÓN ESTADÍSTICAS DE SIGMA (FUENTE: WWW.LEANSOLUTIONS.COM)

Para ello propone un método de trabajo formado por estas cinco etapas:

Definir:

En esta fase, se identifica el problema, se fija un objetivo y se forma al equipo más adecuado para su resolución.

Medir:

Se trata de identificar todos los parámetros que caracterizan el proceso y su correspondiente toma de datos.

Analizar:

Se trata de evaluar los resultados del proceso previo buscando con herramientas estadísticas las relaciones entre las causas y los efectos. En este proceso se determinará la magnitud de los parámetros de mayor importancia y a su vez desestimará aquellos de menor importancia.

Mejorar:

En esta etapa se trata de predecir los posibles cambios que optimizarían y mejorarían el proceso.

Controlar:

Se trata de crear herramientas que garanticen la puesta en marcha de las mejoras aplicadas y a su vez, de registrar el impacto de dichas mejoras.



ILUSTRACIÓN 17: SIX SIGMA (FUENTE WWW.QUALITYMAG.COM)

## 4.7. Herramientas del proyecto

A continuación, explicamos las herramientas con las que trataremos de resolver el problema.

### 4.7.1. 5S

Es una herramienta de trabajo basada en la filosofía *Lean* desarrollada por Toyota. Se trata de un medible sobre las condiciones de trabajo que contribuye a la mejora en calidad, seguridad y a su vez de reducción de costes.

Para ello consta de cinco pasos: clasificación, organización, limpieza, estandarización y disciplina.

#### Clasificación:

Se trata de diferenciar entre aquello que es prescindible y que no. Con el objetivo de eliminar todo lo prescindible de la línea.

#### Organización:

Se trata de colocar ordenadamente, con su debida señalización, aquello que es totalmente imprescindible. Además, debe colocarse aquello que sea más importante más cerca de la zona de trabajo.

#### Limpieza:

Se trata de tener limpia la zona de trabajo y la maquinaria para minimizar paradas en el tiempo productivo.

#### Estandarización:

Se crean estándares que sirvan para cumplir, mejorar y motivar en todo lo relacionado a los tres puntos anteriores.

#### Disciplina:

Se trata de que los empleados sigan los estándares cumpliendo con las normas establecidas, pero además realizando un seguimiento continuo de las propias 5S y actuando conforme a estas.

# ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

## 5-S Audit (FACTORY)

Area	Elemento	Clasificación	Resultado	Objetivo		
S4	S1	Ordenar	52	90%	Dept. / Area está lista para el auditorio 5S (1 mes por encima del objetivo 90%) <span style="float: right;">5s</span> Dept. / Area está lista para la Auditoría del Sitio Plomo (2 meses consecutivos por encima del objetivo 90%)	
	S2	Clasificar	64	90%		
	S3	Limpiar a fondo	64	90%		
	S4	Estandarizar	40	90%		
	S5	Mantener	56	90%		
Fecha: 25/05/2018					Puntuación promedio total (%)	80.2
Auditor: F. Valero						

COMPLETA LA AUDITORÍA 5S POR SEMANA PARA CADA CELDA / EQUIPO

Tema	Ref	Preguntas	1	2	3	4	5	Puntuación (%)	TOTAL (%)
<b>1</b>	1.1	¿Existen riesgos de seguridad & problemas contaminación (suciedad como agua, aceite, productos químicos, equipamiento sucio o malas condiciones) en la zona de trabajo?						80	80
	1.2	¿Existe información desactualizada, falta de información o elementos innecesarios en los Paneles de Equipo/Área o en la documentación TPM?						80	
	1.3	¿Existe equipamiento, herramienta, mobiliario, o elementos innecesarios en la zona de trabajo?						40	
	1.4	¿Existe WIP, inventario, o exceso de producto acabado presentes en la zona de trabajo?						40	
	1.5	¿Los productos con defectivo (piezas NO OK) se encuentran correctamente almacenados, ubicados e identificados?						40	
	1.6	¿Existen una ubicación para cada elemento dentro de la celda o zona de trabajo?						80	
<b>2</b>	2.1	¿La señalización del suelo (footprint) dentro de la zona de trabajo es fácilmente identificable? ¿Son obvios y correctos las zonas donde se ubican los elementos dentro de la zona de trabajo?						40	80
	2.2	¿Están todas las herramientas identificadas y a menos de 10 segundos de distancia de su punto de uso?						60	
	2.3	¿Están los elementos en su sitio inmediatamente después de su uso?						100	
	2.4	¿Están líneas, etiquetas, letreros, etc. legibles y en buen estado?						80	
	2.5	¿Son obvios los límites de altura y cantidad?						80	
<b>3</b>	3.1	¿Ensamblaje, máquinas y utillaje están bien mantenidos, libres de suciedad, aceite, grasa, etc.?						20	80
	3.2	¿Existen anomalías como fugas, conexiones sueltas o conexiones, cables o mangueras desfilachados, etc.?						80	
	3.3	¿Se encuentran los utensilios de limpieza disponibles y fácilmente accesibles?						100	
	3.4	¿Están los suelos, paredes, armarios, escritorios, marcas en el suelo y superficies superiores libres de suciedad, aceite, grasa, etc.?						80	
	3.5	¿La iluminación de la celda / lugar de trabajo funciona correctamente y está limpia?						80	
<b>4</b>	4.1	¿La información necesaria de la línea/lugar de trabajo está organizada y se muestra de forma correcta? (TPM, instrucciones, ayudas visuales, ...)						60	80
	4.2	¿Se conocen y son visibles las 5S y las Normas de Gestión Visual, las responsabilidades están definidas y actualizadas?						20	
	4.3	¿Existen listas de verificación (checklists) y está en uso para todos los trabajos de limpieza y mantenimiento?						20	
	4.4	¿Están Hojas de Trabajo Estandar (HTE) disponibles, organizadas y correctamente expuestas en la celda / estación de trabajo?						20	
	4.5	¿Los Paneles de Gestión Visual acorde con los estándares de Tenneco se encuentran bien mantenidos y actualizados?						80	
<b>5</b>	5.1	¿Las auditorías 5S se realizan de forma semanal y están actualizadas?						100	80
	5.2	¿Existe disciplina por parte de los empleados para mantener la zona de trabajo limpia y ordenada, es evidente en todas partes en todo momento?						60	
	5.3	¿Número de acciones de las Hojas de Trabajo Estandar no están completadas al 100%?						20	
	5.4	¿Se generan acciones de mejora para resolver las no conformidades procedentes de las auditorías 5S?						20	
	5.5	¿Se han cerrado las acciones de mejora a tiempo, no hay acciones vencidas?						80	

**Comentarios:**

1.3 Marcadora en puesto LAF innecesaria  
 1.4 El puesto zona P1 hay contenedores con materiales  
 1.5 Pines NO en línea/pasillo 11 y 12  
 2.2 Liberaciones sin deslizar en el suelo  
 3.1 Entero suciedad en puesto, a destacar sobre máquinas de soldar  
 4.2 Falta formación  
 4.3 Pendiente lista de chequeo trabajos de limpieza, aunque si que se ha distribuido el area por responsables  
 4.4 Las Hojas de diseño de trabajo no se sacan a los orden.  
 5.3 No se hacen auditorias de HTE (HTE)  
 5.4 Llevamos 3 semanas sin realizar ninguna mejora

**Criterios de Puntuación:**

Zona Roja: no se cumple, acción inmediata y mejora necesaria inmediata, pero se toman acciones de mejora.  
 Zona Verde: accedible de se requiere acción.

Señal  
5S  
Señal  
Señal  
Señal  
Señal

ILUSTRACIÓN 18: FORMATO 5S PRODUCCIÓN TENNECO

## 4.7.2. Project Charter

Se trata de una herramienta encargada de esquematizar el problema que se quiere resolver, indicando el estado actual, el objetivo, y el cómo, cuándo y con qué llegar a él. Hay que añadir que es una de las primeras herramientas que se utiliza en el Six Sigma.

DMAIC - Project Contract / Charter		TENNECO		
Facility	VALENCIA	SBU	OE CA	TVMM
Project Name	<b>FTT Ratio Improvement (%) in Mixer Cat 7.1. Line</b>			
Problem Statement	Cost of Poor Quality concerning with Mixer Production, ref 82218300 (Caterpillar Mixer 7.1). FTT (%) ratio below 95% in average. Several rejections and claims from the client have been received.			
Objective Statement	Increase FTT to 85% by Q2 2018, quality will be improved as well as efficiency (%). No rejections and rework ratio below 10% would be a desired future scenario comparing actual one.			
Primary Metric	FTT (%) Mixer Line L14F			
Secondary Metric(s)	Efficiency (%) Mixer Line, L14F			
Business Impact (Quality, Cost, Delivery)	Improve Quality (ppm) and Cost Reduction (savings €). The Impact Business is: Previous Cost: Parts reworked = 1150 parts/month * 0.93 (%reworked parts) = 1069.5 parts reworked/month. Time dedicated to rework = 1069.5 reworked parts/month * 6.5 minutes/part = 7050.7 minutes/month Rework Cost (€/month) = 0.81 €/min * 7050.7 minutes/month = 5717.547 €/month Rework Cost (€/year) = 5717.547 €/month * 12 months/year = 68610.564 €/year Actual cost: Following previous calculations but with a FTT of 93%, our cost in reworking is 3611.08 €/year Savings(€/year) = 68610.564 €/year - 3611.08 €/year = 64999.48 €/year			
Scope of Project	Mixer Line			
Responsibilities	Name	Signature	Date	
Green Belt	Alberto Romane			
Black Belt	Manuel Vilena & Enrique Garcia			
Champion	Jose Antonio Blazquez & Carmelo Anaya			
Process Owner	Jose Antonio Blazquez			
Controller	Aureliano Salcedo			
Department	Project Team Members Names	Signature	Date	
Lean	Alberto Romane			
Quality	Manuel Molina			
Team Support	Salvador Rivero			
Robotics	Jesus Gil			
Production (GL)	Jerónimo Rizo & Mario Joaquín Ota			
Production (TL)	Vizoso			
Production TMS	Chabwet & Jordan			
Schedule	Phase	Start date	planned closing date	closing date
	Define	26/11/2015		
	Measure	26/11/2015		
	Analyze	01/12/2015		
	Improve	01/03/2016		
	Control	30/03/2016		

ILUSTRACIÓN 19: PROJECT CHARTER PARA MIXERS EN TENNECO

#### 4.7.3. Diagrama de Ishikawa.

Se trata de una exposición en forma de “pez” de las posibles causas que pueden provocar el problema en cuestión. Se trata de la búsqueda de todos los factores que pueden estar provocando el origen del problema.

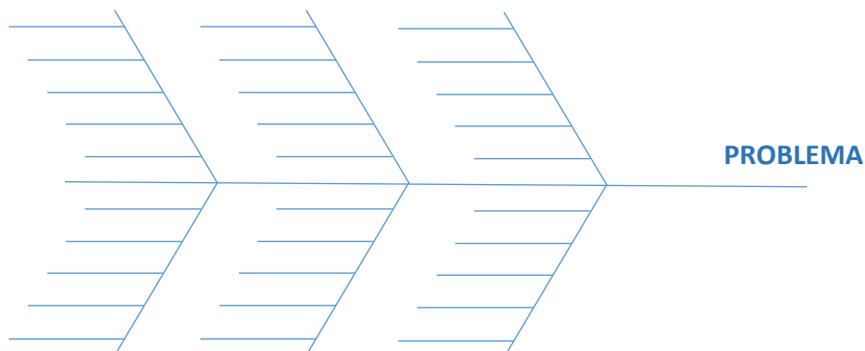


ILUSTRACIÓN 20: DIAGRAMA ISHIKAWA

#### 4.7.4. Matriz XY

Se trata de un sistema de ponderación que sirve para evaluar numéricamente la importancia de los factores. Para, ello se realiza una matriz, donde por un lado se colocan los inputs y por otro los outputs, es decir, las causas y efectos y después se relacionan entre sí.

		1	2	3	4	5	6	
	Output Variables (Y's)	Content Presentation	Media output	Assessment and evaluation	Validated Policies and Security Concerns	Defined Process Scope	Change Request Management	
	Output Ranking	10	9	6	8	7	7	
<b>Input Variables</b>		Association Table						Rank
Process Training		9	9	8	8	8	6	381
Course Design		7	8	10	10	9	8	401
Process Plan		6	9	9	8	9	7	371
Source code and project artifact accuracy		8	8	6	5	6	5	305
Change Request		8	6	7	5	5	10	321
LMS Tool		10	6	10	9	7	8	391

ILUSTRACIÓN 21: MATRIZ YX (FUENTE: WWW.DIYGREAT.COM)

#### 4.7.5. Reporte A3

El reporte A3 es una herramienta visual y de síntesis de resolución de problemas. Es una herramienta para reportar las mejores *Kaizens* (mejoras a través del método científico o resolución de problemas).

Fue creada por Toyota, y hoy en día es utilizada por gran cantidad de empresas a nivel mundial. Este está basado en el ciclo de Deming y a su vez es una de las herramientas principales de la metodología *Lean*.

Se trata de una herramienta en formato “una página” de ahí su nombre A3, que coincide con el tamaño de hoja. En el cual se trata de analizar y sintetizar las causas de un problema para buscar una solución. Además, es una herramienta que sirve para potenciar el desarrollo de las capacidades. Por otro lado, fomenta la motivación, la implicación de la plantilla y sirve como un elemento comunicativo y organizativo.

Dicho con otras palabras, más concretamente las de David Bayarri en su trabajo de “ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL MIXER NRM EN LA PLANTA DE TENNECO”: *El informe A3 es una forma sencilla de reportar todos los avances de un proyecto de resolución de un problema de forma ordenada, fácil de entender y con toda la información útil*

**ILUSTRACIÓN 22: A3 PRODUCCIÓN TENNECO**

Existen muchas variantes del formato A3, pero en este apartado se va a centrar en el de Tenneco, tal y como aparece en la *Ilustración 22: A3 producción Tenneco*.

La estructura de este A3 es la siguiente:

Nivel del problema:

- S (Sistema): Cuando depende de un medible.
- R(Ruta): Cuando el problema es interno de una línea.
- C(Señal): Cuando quieres que alguien haga algo cuando ocurra algo en concreto.
- A(Actividad): Cuando quieres que alguien haga algo.

Descripción del problema:

Se trata de explicar cuál es la situación actual del problema.

Causa raíz:

Se trata de la búsqueda de la causa principal de ese problema.

Contramedida propuesta:

En este apartado se buscan propuestas para buscar la solución óptima al problema una vez analizada la causa raíz.

Resultado esperado:

Aquí se escribe el resultado que se prevé de la contramedida propuesta, no tiene por qué ser del problema en su totalidad.

Resultado obtenido:

Una vez realizada la contramedida se analizan los resultados y se rellena este apartado.

Puntos aprendidos:

Se registran tanto las lecciones aprendidas tanto de resultados positivos como negativos.

#### 4.7.6. Poka-Yoke

Término japonés (a prueba de errores) que define a cualquier elemento que asegure que las piezas son colocadas en sus posiciones correctas, imposibilitando un mal posicionamiento. Esto provoca una disminución en la relación que existe entre el factor humano y la calidad.



ILUSTRACIÓN 23: POKA-YOKE (FUENTE: WWW.RISK21.COM)

#### 4.7.7. DPU

Se trata de una métrica porcentual que indica defectos por unidad. Sirve para analizar los distintos tipos de fallo que se producen en la fabricación de una pieza concreta.

#### 4.7.8. RED BIN

Es una herramienta visual de disminución de chatarras que está compuesta por 3 partes: Una azul, otra amarilla y una roja. Su finalidad es ir dejando el material defectuoso en sus dichas posiciones, comenzando por el azul y terminando con el rojo.

Una vez aparezca la primera pieza con defecto se colocará en el color azul, una vez completado este al amarillo donde hay que avisar al superior para intentar solventar el problema que está provocando esa cantidad de chatarra y una vez llegado al rojo, se para la línea inmediatamente y se trata de solucionar el problema.

### 4.8. Conclusión

Actualmente las empresas buscan una mejora continua constante y para ello una de las habilidades más importantes es la capacidad de resolver problemas.

Hoy en día, a nivel empresarial, existen 2 vertientes sobre las técnicas a aplicar para la resolución de problemas:

-La primera y más novedosa es el método del algoritmo, la cual, gracias al almacenamiento masivo de datos y la creación de algoritmos complejos es capaz de tomar las mejores decisiones. Sin embargo, esta tecnología sólo es apta para empresas punteras debido a su complejidad.

-La segunda es mediante la ampliación del conocimiento humano a través de hallar, inventar, descubrir por uno mismo. En esta metodología de resolución de problemas se encuentra el Lean y el Six-Sigma, aplicadas en la mayoría de las empresas debido a su flexibilidad y sencillez de sus teorías. Por otro lado, la idea del Lean Manufacturing ha ido evolucionando desde su invención por Toyota hasta la actualidad. Ya no sólo se trata de crear grupos de trabajo, se trata de unificar a toda una organización, incluyendo a clientes y proveedores (Lean Enterprise), aportándose de forma bidireccional información y estableciendo relaciones

contractuales a largo plazo. Por otro lado, las dos herramientas (lean y Six Sigma) se han unificado en Lean Six Sigma gracias a combinar sus numerosos puntos en común, entre ellos, el ahorro de costes y su formato intuitivo y didáctico. Además, puesto que poseen gran flexibilidad pueden adaptarse a cualquier tipo de proyecto como es este caso.

Por ello, en los capítulos siguientes aplicaremos herramientas de ambas metodologías para la resolución del proyecto.

## 5. Descripción de la línea

### 5.1. Introducción

La línea 06H de Tenneco, la cual se dedica a soldar diferentes componentes de un tubo de escape, de entre ellos tubos-sonda y catalizadores posee una eficiencia (45%) y un porcentaje de chatarra (4%) inaceptables por la empresa. La misión del proyecto es mejorar la línea para alcanzar los objetivos anteriormente citados.

Para entender mejor esos resultados de la línea, en este capítulo se va a tratar de explicar el contexto de la línea, la forma de trabajar, procesos anteriores, área de trabajo y los problemas conocidos actualmente. Además, se detallarán las primeras medidas implantadas para resolver estos problemas.

### 5.2. Presentación de los elementos soldados

Como ya se ha dicho anteriormente la línea trabaja con cuatro referencias, tres de tubos sonda (82448213, 70008170, 82423503) y una de catalizadores (82251597) que se muestran a continuación:



ILUSTRACIÓN 24: REFERENCIA: 82448123 (ELABORACIÓN PROPIA)



ILUSTRACIÓN 25: REFERENCIA: 70008170 (ELABORACIÓN PROPIA)



**ILUSTRACIÓN 26: REFERENCIA: 82423503 SIN SONDA (ELABORACIÓN PROPIA)**



**ILUSTRACIÓN 27: REFERENCIA: 82251597 (ELABORACIÓN PROPIA)**

### 5.3. Área de trabajo

La línea L06H de la planta de Tenneco se ubica en la nave de 6 de la Planta de Tenneco Valencia. Además, se ubica en la zona de soldadura.

Esta línea está principalmente creada para los tubos con sonda, aunque actualmente también se utiliza para los catalizadores de mercedes de la VITO.

En esta línea el operario posee enfrente la mesa de montaje, con el útil necesario para montar su referencia correspondiente. Hay que añadir que dicha línea posee dos mesas simétricas, para ahorrar tiempo, ya que mientras el robot está soldando sobre una mesa, el operario puede estar montando el siguiente tubo en la otra.

Respecto a los tubos con sonda, este dispone de mínimo cuatro carros. Dos con el material sin soldar, otro con el material soldado y un carro de apoyo donde sitúa las sondas. La idea es que cuando le quede un carro de tubos sin soldar, los carretillos traigan del almacén otro y se lleven el vacío sin que esto ocasione pérdidas de tiempo. Además, a la izquierda posee una caja llena de sondas y el DPU.

En el caso del catalizador, la filosofía de trabajo es la misma, sin embargo, dispone de un fugómetro a su izquierda para realizar tal verificación.

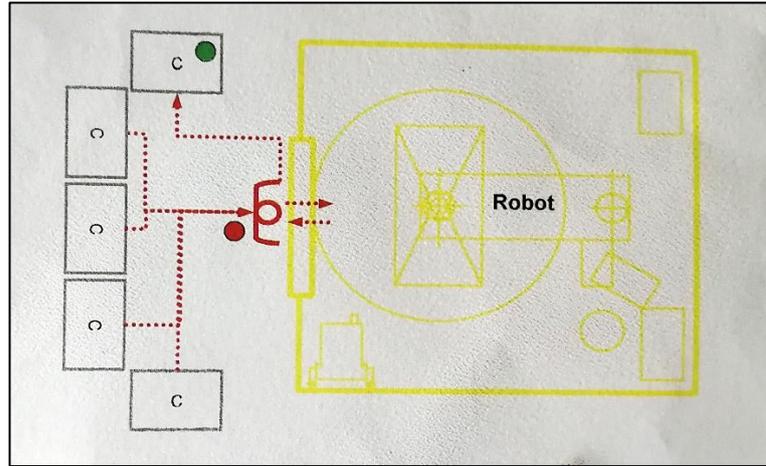


ILUSTRACIÓN 28: LAY OUT L06H (ELABORACIÓN PROPIA)



ILUSTRACIÓN 29: LEYENDA ILUSTRACIÓN 28 (ELABORACIÓN PROPIA)

#### 5.4. Descripción del proceso de montaje

Una vez el mecanismo de seguridad da opción de acceder a la zona de montaje, el operario entra con un tubo y una sonda mientras en la otra mesa está siendo soldada por el robot.

Primero se enrosca la sonda en el útil/motor. Después se coloca el tubo, sin soldar y taladrado en el útil, y acercará la sonda insertándola en el agujero. A partir de ahí se cierran los presionadores, se sale de la zona de seguridad y se le da al botón de READY.

Una vez pulsado el botón, se espera a que se apaguen las seguridades. Es en ese momento cuando cambiarán las mesas y el operario tendrá a su disposición la mesa con el tubo ya soldado.

En ese momento el operario entrará, cogerá el tubo (libre ya que un motor habrá separado la sonda del útil) y lo dejará en el carro. Cogerá otro sin soldar con su sonda y repetirá el proceso dicho anteriormente.

Hay que añadir que en el momento que coge el tubo, se debe realizar una inspección visual de este, observando que en ningún caso hay agujeros en el cordón ni proyecciones de soldadura en la zona de rosca y lo verificará con un punto blanco.

El espacio que recorre el operario es bastante escaso, trabajando en línea, aunque hay que añadir que el cuello de botella es el robot por lo que no es prioritario el recorrido de este.

Respecto a lo que sucede en la zona de soldadura, el robot realiza dos cordones de soldadura igual a medio perímetro de la sonda.

Respecto al catalizador, la metodología de trabajo es muy parecida. Sin embargo, cambia en que se realizan cuatro cordones de mayor longitud y que el operario realiza dos verificaciones, la soldadura que marcará con un punto blanco y la del fugómetro que lo hará con un punto verde.

Por último, en la zona entre del punto verde y el robot de la *Ilustración 28: Lay out L06H* se sitúa una estantería dónde se guardan los útiles de la línea.

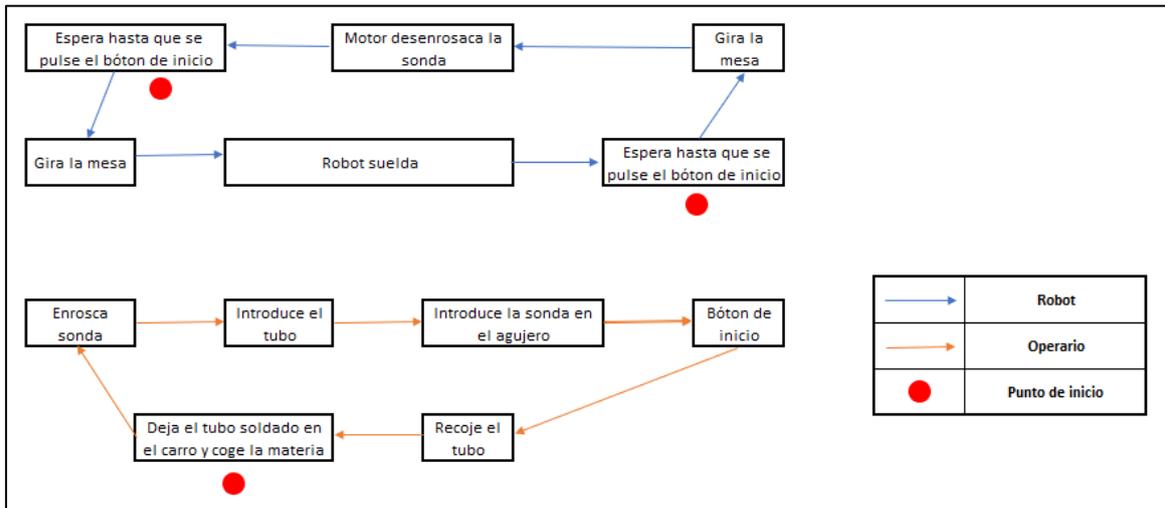


ILUSTRACIÓN 30: PROCESO DE MONTAJE (ELABORACIÓN PROPIA)

## 5.5. Descripción de los problemas

Los problemas principales de la línea se resumen a los tubos con sonda. Más concretamente a la forma de soldarlos, ya que en este proceso se ha decidido insertar una sonda dentro de un agujero y, por tanto, al no solaparse ni estar en contacto las piezas, la dificultad de realizar un cordón es mayúscula. A esta dificultad se le añaden tres problemas más, de taladrado, de curvado y de soldadura.

Hay que destacar que para saber si una pieza es buena o mala en la línea se posee un útil de control, modificable para cada referencia fabricada. El cual verifica que la forma y el tamaño del tubo son correctos y además que la posición, la profundidad y el roscado de la sonda también lo son.

### 5.5.1. Problemas en el curvado

Cuando se realizó el diseño de los útiles de los tubos sonda se realizaron a las medidas nominales, sin tener en cuenta las variaciones de tolerancia de las curvas de los tubos lo cual provoca que gran cantidad de tubos entren forzados, directamente no entren en el útil, se imposibilite la entrada de la sonda dentro del agujero o incluso que al soldarlos correctamente no cumplan en el útil de control.

Por otro lado, el proceso del curvado tampoco es robusto y llegan a la línea multitud de tubos que tampoco cumplen las especificaciones provocando que se rechacen los contenedores.

ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

---



ILUSTRACIÓN 31: ÚTIL REFERENCIA 82448123  
(ELABORACIÓN PROPIA)



ILUSTRACIÓN 32: ÚTIL REFERENCIA 82423503  
(ELABORACIÓN PROPIA)



ILUSTRACIÓN 33: ÚTIL REFERENCIA 82251597  
(ELABORACIÓN PROPIA)



ILUSTRACIÓN 34: ÚTIL REFERENCIA 70008170  
(ELABORACIÓN PROPIA)

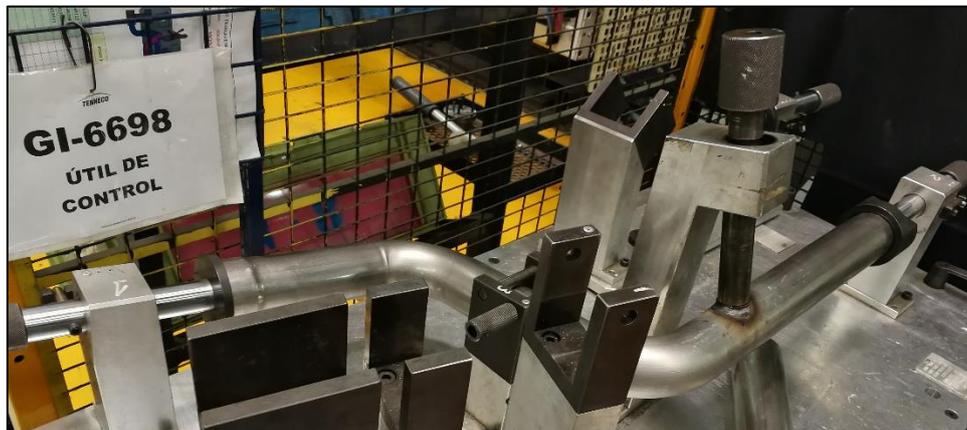


ILUSTRACIÓN 35: ÚTIL DE CONTROL REFERENCIA 82423503 (ELABORACIÓN PROPIA)

### 5.5.2 Problemas en el taladrado

El agujero que se taladra teóricamente es de 30,3mm y con una tolerancia simétrica de 0,3mm. Sin embargo, para disminuir el juego entre la sonda y el agujero se taladra a 30mm en vez de a la nominal para reducir esa distancia al máximo. El problema aquí se sitúa en 2 puntos. El primero es que al taladrar se generan rebabas que hay que eliminar. La forma de eliminarlas es manual y como tal, provoca que se modifique la geometría de la circunferencia aumentando el juego. También hay otros casos en los que el diámetro del agujero es excesivamente grande y no es capaz el robot de soldarlo correctamente.

Por otro lado, la maquinaria que se utiliza para taladrar los tubos es manual y como tal, de gran variabilidad, y junto con las tolerancias del útil y las del curvado, provoca en algunas ocasiones que la sonda no pueda introducirse debido a que el agujero no está exactamente en su sitio.



**ILUSTRACIÓN 36: AGUJERO CON REBABA 1**  
(ELABORACIÓN PROPIA)



**ILUSTRACIÓN 37: AGUJERO CON REBABA 2**  
(ELABORACIÓN PROPIA)



**ILUSTRACIÓN 38: SONDA INTRODUCIDA**  
(ELABORACIÓN PROPIA)



**ILUSTRACIÓN 39: SONDA SIN PODERSE INTRODUCIR**  
(ELABORACIÓN PROPIA)

### 5.5.3. Problemas de soldadura

Los problemas anteriores, que son provocados por otras líneas de Tenneco, se convierten a posteriori en un problema de soldadura.

Después de realizar los dos cordones aparecen en ocasiones agujeros en los alrededores de la sonda y de los cordones, que convierten los tubos en chatarra ya que no son capaces de ser retrabajados manualmente.



ILUSTRACIÓN 40: TUBO RAJADO AL SOLDAR  
(ELABORACIÓN PROPIA)

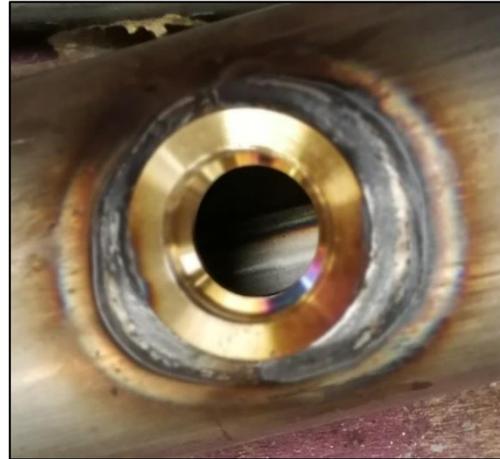


ILUSTRACIÓN 41: SONDA SOLDADA OK  
(ELABORACIÓN PROPIA)

### 5.6. Plan de acción

A raíz de los resultados y una eficiencia inasumible por la empresa, Tenneco se decidió a actuar realizando un proyecto encabezado por el departamento de mejora continua. Para ello se creó un equipo encabezado por Alberto Romance, director del departamento, que propuso realizar un seguimiento diario con herramientas como la observación silenciosa y el DPU. Además de las ya comentadas de Six Sigma y Lean manufacturing. Además, se decidió poner en marcha medidas que ya se realizaban en todas las líneas, como es disponer de un RED BIN de una pieza por color. Además, se relacionaron los incentivos de los operarios con su nota de las 5S, los cuales cobrarían 25 euros más por semana en caso de tener una nota igual o superior a nueve y que el encargado de puntuar esta línea eran Eduardo Pérez y Andrea Anaya. Por último, añadir una verificación del 100% de los tubos curvados en el proceso anterior a la línea para evitar tener que rechazar carros enteros de material.

Lo segundo que se hizo fue nombrar al equipo encargado de ello. El cual debido a que la mejora de la línea venía influida por otras, se creó formando un grupo multidepartamental, lo que suponía un gran reto a la hora de la comunicación.

Una vez se formó el grupo, tras las presentaciones, se realizó un Project Charter.

## DMAIC - Project Contract / Charter



Facility	VALENCIA	SBU	OE CA	TVM#
Project Name	<b>Mejora del rendimiento de la L06H (tubos con sonda)</b>			
Problem Statement	Eficiencia de la línea 6H muy baja, cercana al 45%, y con un alto porcentaje de chatarras, del 4%. Con riesgo de empeorar resultados debido a la incorporación de nuevas referencias siendo las cuales inadmisibles para la empresa.			
Objective Statement	Incrementar la eficiencia al 70% y reducir el porcentaje de chatarras al 0,5(%)			
Primary Metric	(% eficiencia L06H			
Secondary Metric(s)	(% chatarra L06H			
Business Impact (Quality, Cost, Delivery)	Reducción de costes y mejora de la calidad.			
Scope of Project	L06H (tubos con sonda y catalizadores de mercedes)			
<b>Responsibilities</b>	<b>Name</b>	<b>Signature</b>	<b>Date</b>	
Green Belt	Andrea Anaya y Eduardo Pérez			
Black Belt	Alberto Romance			
Champion	Jose Antonio Blazquez y Carmelo Anaya			
Process Owner	Jose Antonio Blazquez			
Controller	Jesus Ros			
<b>Department</b>	<b>Project Team Members Names</b>	<b>Signature</b>	<b>Date</b>	
Lean	Alberto Romance			
Quality	Manuel Molina			
Team Support	Javi Gil y Salvador Rivero			
Robotics	Jesus Gil			
Production (GL)	Jeronimo Roz & Mario Joaquin Orta			
Production (TL)	David Tapia.			
<b>Schedule</b>	<b>Phase</b>	<b>Start date</b>	<b>planned closing date</b>	<b>closing date</b>
	Define			
	Measure			
	Analyze			
	Improve			
	Control			

ILUSTRACIÓN 42: PROJECT CHARTER L06H (FUENTE: TENNECO)

En este documento, se fijó tanto el punto de inicio como el objetivo a cumplir. Además del motivo por el que se desarrolla, las métricas que se observarán para su análisis y las personas que componen dicho equipo.

Una vez reunido el equipo, con “las ideas claras” sobre lo que se pretende conseguir en el proyecto, se realizó una tormenta de ideas, intentando buscar posibles causas a los principales problemas de línea, que eran la eficiencia y la producción de chatarra. Una vez mencionados, se realizó un diagrama de Ishikawa, dónde se clasificaron en cinco puntos:

## ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

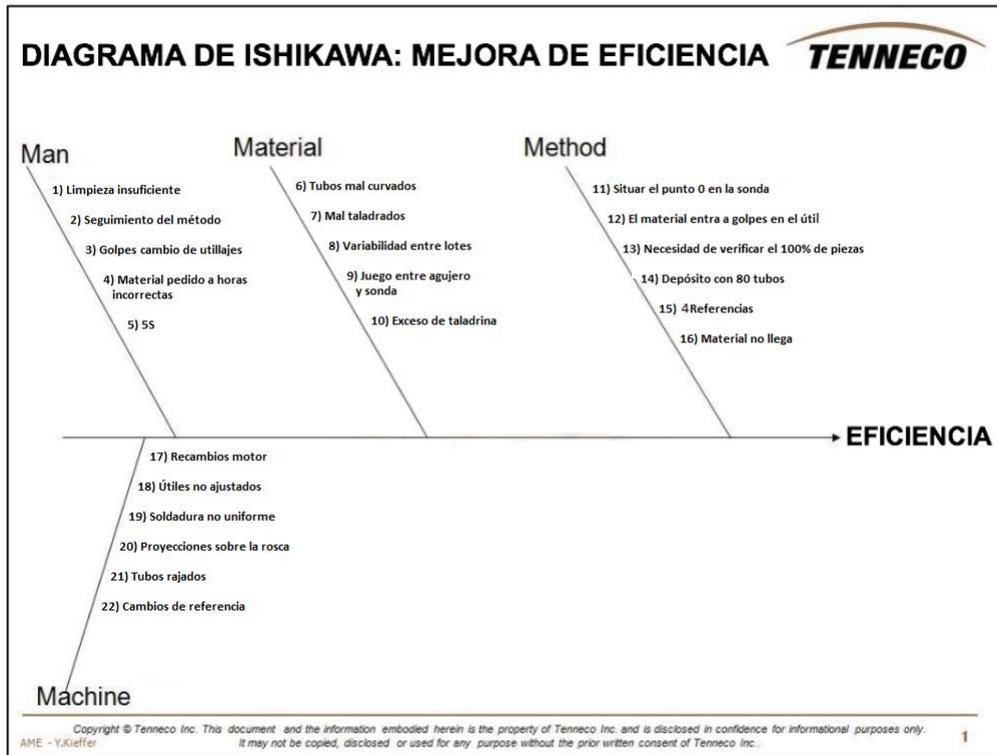


ILUSTRACIÓN 43: DIAGRAMA DE ISHIKAWA L06H (FUENTE: TENNECO)

Una vez realizado el diagrama. Entre todos los componentes del equipo se decidió realizar una matriz XY. En la cual, se colocaban las posibles causas, por un lado, y por el otro los dos problemas. Entre todos y por consenso se decidió darle un valor de ponderación de 8 a la eficiencia, ya que la eficiencia media de la planta estaba muy baja y urgía mejorarla y un valor de 7 al (%) de chatarra ya que aun teniendo un (%) alto, la cuantía de pérdida económica no era excesiva. Además de un valor de 0 a 10 que relaciona cada causa descrita en el diagrama con cada métrica.

		(%)Eficiencias	(%)Chatarras	Puntuación
	Ponderación	8	7	
Orden	Causa			
1	Tubos rajan por soldadura	8	10	134
2	Mal taladrados	7	5	91
3	Tubos mal curvados	3	9	87
4	Gran variabilidad entre lotes	6	5	83
5	Útiles no ajustados	6	5	83
6	Muchas referencias por línea	5	6	82
7	Juego entre el agujero y la sonda	5	6	82
8	Recambios del motor	8	2	78
9	Cambios de referencia lentos	7	2	70
10	Proyecciones de soldadura sobre la rosca	2	7	65

ILUSTRACIÓN 44: MATRIX XY DEL PROYECTO (ELABORACIÓN PROPIA)

Una vez conocido el orden y la importancia de los factores, llamó la atención la diferencia del primer factor respecto al segundo. Así que se decidió realizar una cadena de A3 para tratar de resolverlo en primer lugar, ya que según los resultados era el factor de mayor importancia en los que respecta a las dos métricas.

Por otro lado, debido al punto seis, muchas referencias por líneas, se decidió extraer los datos de la base de datos de eficiencia y de porcentaje de chatarras por referencia.

Los resultados que aparecen en la *Ilustración 45: (%) Chatarras y eficiencias por referencia* muestran como tal y como se pensaba, los tubos sonda eran lo que urgía solucionar ya que los del catalizador (82251597) son resultados bastante aceptables.

Referencia	Chatarra	eficiencia
70008170	4,25%	23,92%
82423503	5,70%	45,00%
82251597	0,65%	70,65%
82448213	4,12%	39,29%

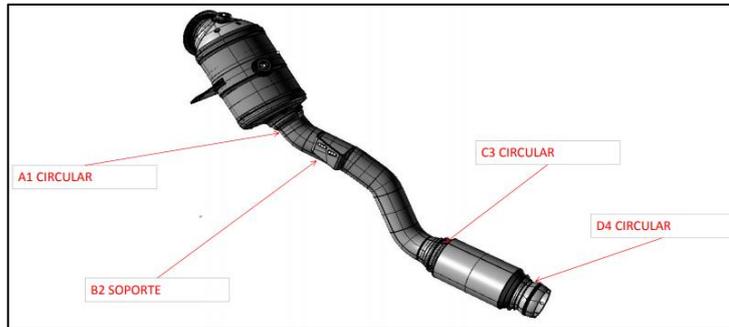
ILUSTRACIÓN 45: (%) CHATARRAS Y EFICIENCIAS POR REFERENCIA

**ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)**

Después de tener clara la forma de actuar y en que referencias se tenía que resolver los mayores problemas, se decidió colocar dos DPU (uno para catalizadores y otro para tubos sonda), los cuales servirían para recoger datos de la cantidad de piezas con defectos y que tipo de defectos posee cada una, para después tomar las medidas correctivas necesarias. Además de un pequeño estadillo donde los operarios marcarían la zona del defecto del cordón de soldadura y así conocer por donde se rajan en mayor lugar.

CONTROL DPU LINEA 11 MERCEDES CATALIZADOR(Defectos por unidad ) SEMANA _____													
Versión 1 01/03/208 Eduardo Pérez G:\GoTenSigmaShared\Team Support\1 SOLDADURA\3 DOCUMENTACION PROYECTOS\6 MERCEDES\3 DPU MERCEDES													
FECHA	TURNO	MODELO	REFERENCIA	POSIB	A1	B2	C3	D4	OK A LA 1ª	TOTAL FABRICADAS	TOTAL RETRABAJOS	% TOTAL RETRAB	% TOTAL OK 1ª

**ILUSTRACIÓN 46: DPU CATALIZADOR (ELABORACIÓN PROPIA)**



**ILUSTRACIÓN 47: AYUDA VISUAL DPU CATALIZADOR (FUENTE: TENNECO)**

Tubos sonda L06H						
\\TAVAL001\Groups\$\GoTenSigmaShared\Team Support\1 SOLDADURA\3 DOCUMENTACION PROYECTOS\11 6H\2 TUBOS SONDA\ESTADILLO						
<b>INSTRUCCIONES</b>						
El <b>TM</b> deberá rellenar al principio de cada referencia la fecha, turno y referencia y al final de este el número de fabricadas.						
En caso de fallos, el <b>TM</b> deberá enumerarlos en fallos soldadura o de curvado (previos a soldar).						
El <b>TL</b> del 1º turno de la semana deberá trasladar las hojas de la semana anterior al <b>TS</b> y reponerlas por nuevas.						
			Fallos soldadura			
Fecha	Turno (N,M,T)	Referencia	Rosca	Cordón	Fallos curvado	Fabricadas

**ILUSTRACIÓN 48: DPU TUBOS SONDA (ELABORACIÓN PROPIA)**

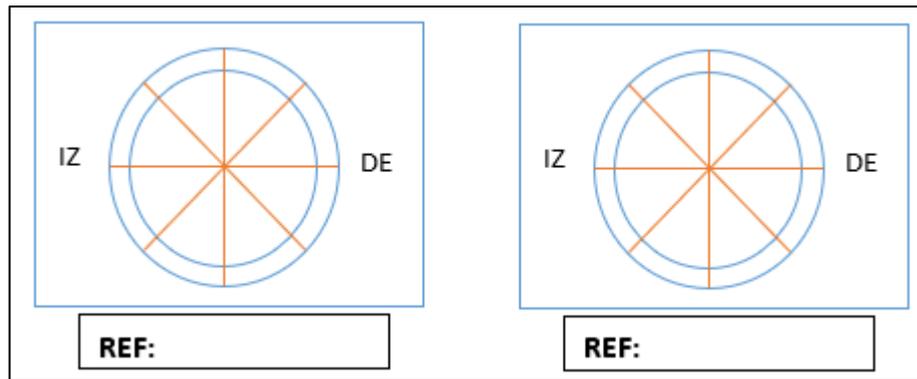


ILUSTRACIÓN 49: ESTADILLO LOCALIZACIÓN FALLO SOLDADURA (ELABORACIÓN PROPIA)

### 5.7. Conclusión

Tras concretar el equipo, se realizó una tormenta de ideas buscando posibles causas a los problemas de la línea. Tras un diagrama de Ishikawa y una matriz XY se concluyó que el factor principal a resolver era que los tubos se rajaban por soldadura. Por otro lado, como primeras medidas se puso un RED BIN, se añadió la línea al sistema de incentivos 5S y se decidió añadir una verificación del 100% a todos los tubos que vinieran a la línea. Otra medida que se tomó fue la implementación de dos DPU's para la recogida de información de la línea, más un estadillo. Tras esto, comenzó el momento de actuar, aplicar (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) e intentar resolver los problemas que influyen a la eficiencia y en la chatarra. Para lograrlo se generó una cadena de A3, que sirvió de registro, además de un sistema de comunicación tanto vertical como horizontal en el nivel jerárquico de la empresa y a su vez una forma rápida de tomar contramedidas y de darse cuenta de lo aprendido en cada operación.

## 6. 1ª Cadena de A3 (reducción de chatarra debida a que los tubos se rajan al soldar)

### 6.1. Introducción

Como se ha podido ver en el apartado de calidad, existían grandes problemas a la hora de soldar la sonda, ya que los tubos se rajaban. Con esta cadena se resolvió el problema de chatarras y a su vez el de la eficiencia.

Para ello, primero se volvió a realizar otro diagrama de Ishikawa donde se buscaron las posibles causas a estos problemas de soldadura y a su vez, se le asignaron valores porcentuales para valorar su importancia.

Una vez sabida esta información comenzó la cadena de A3 resolviendo en la medida de lo posible cada una de estas causas.

### 6.2. Experimentación

El problema siguiente era intentar buscar la causa raíz que provoca este problema. Para ello se volvió a realizar el proceso de generar un diagrama de Ishikawa, pero esta vez con el problema de que los tubos rajen.

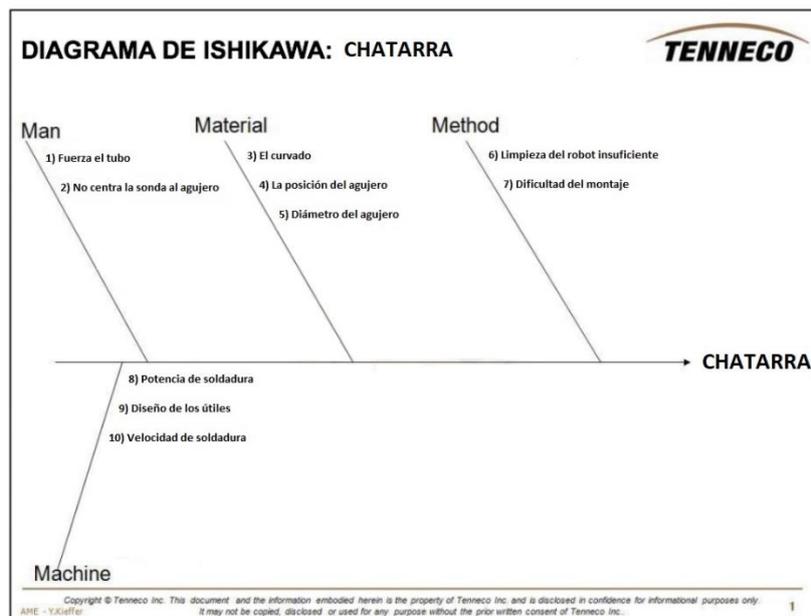


ILUSTRACIÓN 50: DIAGRAMA DE ISHIKAWA CHATARRA L06H (FUENTE: TENNECO)

Una vez reflexionado sobre los problemas que podrían causar que los tubos se rajen, se decidió atribuirles porcentajes para poder clasificarlos según su importancia y priorizarlos a la hora de actuar.

Número	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Otros
(%)	8,16	6,12	4,08	8,16	16,33	6,12	8,16	10,20	22,45	6,12	4,08

Tras ver los resultados y saber cuáles eran las posibles causas de mayor importancia se decidió empezar con la actuación. La primera medida de acción que se abordó no fue para resolver la causa más perjudicial, si no la de mayor facilidad de aplicación, que es modificar la potencia de la soldadura, ya que las dos que van por delante en importancia, poseían mayores costes y dificultades para su aplicación.

Por ello, tras el primer brote de piezas defectuosas en la referencia 8244813 y como tal, un paro de línea, debido al Red Bin, se decidió a actuar. Para resolverlo se decidió que el departamento de robótica redujera la potencia de la soldadura en un 5% sin variar la velocidad del robot ya que no se quiso perder tiempo de ciclo.

TENNECO		INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN				Date
ID	Línea de fabricación	N6 Línea 6H	Responsable	Eduardo Pérez	Mentor	Alberto Romance
Equipo	S-1	Observaciones	Asignado a	Jesús Gil	Prioridad	Media
Revisado	<input type="checkbox"/>	T&M	<input type="checkbox"/>	C3	<input type="checkbox"/>	V'B*
1 - Descripción del problema		Nivel del problema		S <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/>	3 - Contramedida propuesta	
A la hora de soldar los tubos con sonda de la referencia 8244813, se produce un porcentaje chatarra de alrededor del 4%, debido a que el tubo raja. Siendo el objetivo de la empresa del 0,5%				Reducir la potencia del robot en los 2 cordones de soldadura un 5%.		
2 - Causa raíz						
Al ser un nuevo proyecto, la potencia de la soldadura no está ajustada y es excesiva.						
4 - Resultado esperado		5 - Resultado obtenido		6 - Puntos aprendidos		
Reducir el porcentaje de chatarra		Se reduce el porcentaje de chatarra debido a tubos rajados. Sin embargo, se genera chatarra porque el cordón no cumple con la calidad requerida.		a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas La reducción de potencia disminuye los fallos por tubos rajados pero aumentada por la calidad del cordón. Así que se desestima b. Aprendizaje global de los pasos 1-5		

Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya

**ILUSTRACIÓN 51: A3 REDUCCIÓN DE POTENCIA DEL ROBOT**

**Resultado:** Se rajaban menos tubos, pero el cordón no cumplía con la calidad requerida.

**Lecciones aprendidas:** El problema por el que se rajan los tubos depende en parte de la potencia de la antorcha/robot, pero como consecuencia empeora considerablemente la calidad del cordón. Por ello, se volvió a la situación inicial y se buscaron soluciones alternativas.

Tras desechar la primera solución, se pasó a buscar otras alternativas. La siguiente actuación tenía como objetivo resolver dos posibles causas raíz a la vez (diámetro del agujero y posición del agujero), ya que entre las dos sumaban un porcentaje de importancia mayor que ninguna otra causa.

En un principio, la variación de posición del agujero provocaba que los tubos estuvieran forzados a la altura de la sonda y también que, en otros casos, el espacio entre la sonda y el agujero se quedara solamente a un lado, lo cual no era favorable para el proceso. Respecto al diámetro, al taladrar se generaban rebabas, lo cual provocaba que se tuvieran que eliminar a

## ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

mano, modificando así la geometría del agujero y aumentando el juego entre el agujero y la sonda.

La forma de intentar abordar este problema fue con la incorporación de un taladro automático y programable. Esta medida suponía un gasto de aproximadamente 45.000€. Quisiera destacar que este nuevo taladro no habría sido la segunda medida a realizar debido a su enorme coste si Tenneco no hubiera tenido ya en mente la renovación de su taladro ya que el existente poseía unas medidas de seguridad prácticamente nulas y en Tenneco la seguridad es la principal prioridad. Por tanto, la realización de este proyecto fue el detonante de su renovación. Cabe destacar que, del tiempo productivo del taladro, únicamente un 20% estaba dedicado a los tubos sonda.

Por otro lado, cabe añadir que, además de las escasas medidas de seguridad que dicho taladro poseía, se trataba de un semi-manual en el cual el operario tenía que ejercer la fuerza para que se realizara el agujero sin control de las r.p.m. Además, la durabilidad de sus brocas, cuyo precio rondaba los 600€ era muy baja, requiriéndose un reafilado cada 100 operaciones aproximadamente.

Por todos los motivos anteriormente citados, se decide renovar el taladro por uno completamente automático, con la esperanza de poder eliminar la rebaba, así como reducir la variabilidad, gracias a controlar la velocidad de avance y las r.p.m. Además, aunque no se contabilice para esta línea, esta medida produjo un ahorro de coste en las herramientas de corte y a su vez, una reducción del tiempo de ciclo. Además, se mejoró en seguridad, ya que era uno de los factores principales.

<b>TENNECO</b>				<b>INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN</b>				Date 27/02/2018	
ID	Línea de fabricación	Responsable	Mentor						
Equipo S-1	N6 Línea 6H	Alberto Romance	Carmelo Anaya						
Asignado a Compras	Observaciones	Revisado <input type="checkbox"/>	T&M <input type="checkbox"/>						
	Prioridad Media Cerrado		C3 <input type="checkbox"/>					V/B* <input type="checkbox"/>	
<b>1 - Descripción del problema</b>		Nivel del problema S <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/>		<b>3 - Contramedida propuesta</b>					
<p>A la hora de soldar los tubos con sonda, se produce un porcentaje de chatarra de alrededor del 4%, debido a que el tubo raja. Siendo el objetivo de la empresa el 0,5%</p>		➔		<p>Sustituir el taladro actual, completamente obsoleto (sin ninguna medida de seguridad) por uno automático mediante el cual se puedan controlar los parámetro de Velocidad de avance y R.P.M.</p>					
<b>2 - Causa raíz</b>									
<p>El material aportado al soldar se introduce a través del juego de entre la sonda y el agujero</p>									
<b>4 - Resultado esperado</b>		<b>5 - Resultado obtenido</b>		<b>6 - Puntos aprendidos</b>					
<p>Reducir el juego entre la sonda y el agujero. Reduciendo la cantidad de rebaba y la variabilidad de posición</p>		<p>Se reduce la variabilidad del juego existente, pero no se eliminan las rebabas en su totalidad</p>		<p>a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas El control de los parámetros no es suficiente para eliminar la rebaba</p> <p>b. Aprendizaje global de los pasos 1-5</p>					
➔		➔							
Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya									

**ILUSTRACIÓN 52: A3 RENOVACIÓN TALADRO**



ILUSTRACIÓN 53: TALADRO VIEJO (ELABORACIÓN PROPIA)



ILUSTRACIÓN 54: TALADRO NUEVO (ELABORACIÓN PROPIA)

**Resultado:** Se obtiene una mejora en seguridad y variabilidad de posición debido a la automatización del proceso, aunque inapreciable en lo que respecta a la producción de chatarra. Esto se debe a que no se consigue una eliminación completa de la rebaba. Además, esto provoca que el proceso del operario que quita la rebaba no puede ser eliminado y, a su vez, este pasa a ser el nuevo cuello de botella en tiempo de ciclo.

**Lecciones aprendidas:** La generación de rebaba no es totalmente dependiente de las revoluciones por minuto y la velocidad de avance. Además, la eliminación de la rebaba cobra mayor importancia puesto que aun habiendo reducido en unos 8 segundos el tiempo de ciclo (tiempo que perdía el operario taladrando manualmente), el operario pierde alrededor de otros 40 segundos eliminando la rebaba, de los cuales, el taladro está parado 20 segundos. Por otro lado, se ha aprendido que la automatización debida a cualquier maquinaria disminuye la variabilidad de posición y aumenta la seguridad.

Tras esta actuación, se decidió que era fundamental eliminar la rebaba, ya que, a los problemas anteriores, se le sumaba que este proceso se acaba de convertir en el cuello de botella en la producción, y se tenía un amplio margen de mejora. Por ello, la siguiente idea fue cambiar la herramienta de corte con la que se taladraba por otra que extrajera la viruta más fácilmente eliminando dichas rebabas.

Con esto motivo, se decidió cambiar la fresa existente, por una corona de dientes triangulares que poseía la empresa Tenneco, ya que suponía un coste 0.

## ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

<b>TENNECO</b>				<b>INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN</b>				Date	
ID	Línea de fabricación	N6 Línea 6H	Responsable	Eduardo Pérez		Mentor		Alberto Romance	
Equipo	S-1		Observaciones			T&M	<input type="checkbox"/>	V'B*	
Asignado a	Javier Gil		Prioridad	Media	Cerrado	Revisado	<input type="checkbox"/>		
1 - Descripción del problema			Nivel del problema			S <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/>			
A la hora de soldar los tubos con sonda, se produce un porcentaje de chatarra de alrededor del 4%, debido a que el tubo raja. Siendo el objetivo de la empresa el 0,5%			➔			3 - Contramedida propuesta Sustituir la herramienta de corte, por una corona de dientes triangulares como la que se utiliza en el taller de AM.			
2 - Causa raíz			El material aportado al soldar se introduce a través del juego de entre la sonda y el agujero						
4 - Resultado esperado			5 - Resultado obtenido			6 - Puntos aprendidos			
Reducir el juego entre la sonda y el agujero. Reduciendo la cantidad de rebaba			No se elimina la rebaba y además con el paso de los ciclos la corona pierde diámetro			a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas La herramienta de corte no es la adecuada para el proceso  b. Aprendizaje global de los pasos 1-5			
Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya									

**ILUSTRACIÓN 55: A3 CAMBIO DE FRESA A CORONA**



**ILUSTRACIÓN 56: FRESA DE TALADRO (ELABORACIÓN PROPIA)**



**ILUSTRACIÓN 57: CORONA DE DIENTE TRIANGULAR DE MARCA LENOX (ELABORACIÓN PROPIA)**

**Resultado:** No se obtiene ninguna mejora apreciable en lo que respecta a rebabas e incluso se empeora, ya que, la corona, con el desgaste, reduce el diámetro original y produce un agujero que no cumplen las características técnicas.

**Lecciones aprendidas:** Ese tipo de corona no es recomendable para el proceso, puesto que una disminución del diámetro del agujero implica que la sonda no se pueda insertar.

En ese momento, tras estar desconcertados con la herramienta necesaria para el proceso se decide preguntar al proveedor Blue-master. El cual recomendó el cambio de la herramienta de corte por una corona XTR.

TENNECO				INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN				Date		
ID	Línea de fabricación	N6 Línea 6H		Responsable		Eduardo Pérez		Mentor		Alberto Romance
Equipo	S-1			Observaciones		T&M <input type="checkbox"/>		VIB* <input type="checkbox"/>		
Asignado a	Compras	Prioridad	Media	Cerrado	Revisado	<input type="checkbox"/>				
1 - Descripción del problema		Nivel del problema			S	P	C	A	3 - Contramedida propuesta	
A la hora de soldar los tubos con sonda, se produce un porcentaje de chatarra de alrededor del 4%, debido a que el tubo raja. Siendo el objetivo de la empresa el 0,5%									Comprar la corona XTR32 ya que según el fabricante es la óptima para nuestro proceso.	
2 - Causa raíz										
El material aportado al soldar se introduce a través del juego de entre la sonda y el agujero										
4 - Resultado esperado		5 - Resultado obtenido			6 - Puntos aprendidos					
Reducir el juego entre la sonda y el agujero. Reduciendo la cantidad de rebaba		Se elimina la rebaba, lo que genera una reducción del porcentaje de chatarra en soldadura a un 3%			a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas Reducir el juego reduce la probabilidad de que los tubos rajen. Además, hay que usar la herramienta más óptima para cada proceso b. Aprendizaje global de los pasos 1-5					

Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya

ILUSTRACIÓN 58: A3 CORONA XTR



ILUSTRACIÓN 59: CORONA XTR (FUENTE: BLUE-MASTER)

**Resultado:** Se consiguen eliminar las rebabas en la mayoría de los agujeros y se consigue reducir el tiempo de ciclo en 20 segundos.

**Lecciones aprendidas:** Las herramientas de corte que se usaban anteriormente estaban diseñadas para cortar superficies planas. Con una herramienta diseñada para agujerear superficies curvas se elimina el problema.

Una vez resuelto los problemas del diámetro del agujero y de su posición se observa como el proceso se vuelve más robusto. Sin embargo, en lo que respecta a producción de chatarra se aprecia una reducción aproximada de un 1%, insuficiente para cumplir el objetivo.

Por ello, se decide seguir resolviendo otras posibles causas raíz. Por importancia, se decidió actuar con el factor que según el criterio más afectaba (el diseño del utillaje). Este punto

## ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

se podía abordar de diferentes maneras, la primera, aunque más cara, era rehacer por completo su diseño, pero debido a su coste de aproximadamente 30.000€ se descartó. Así, se decidió actuar de una segunda manera, modificando los útiles actuales con los recursos que se poseen en la empresa.

Tras esta decisión, se pasó a realizar un análisis exhaustivo de la forma en que la se quedaban colocados los tubos en los útiles.

Primero, se observó en la referencia 82448123, que cuando se encendía la neumática, el tubo se deformaba y se forzaba para entrar en el útil debido a la cantidad de sujeciones. Este poseía tres puntos de apoyo, más los presionadores neumáticos y el apoyo de la propia sonda.

Por tanto, se decidió eliminar el presionador de la torreta izquierda, tal y como se puede observar en la *Ilustración 61: Torreta útil 82448123 con presionador*. La torreta no se llegó a eliminar por la situación del poka-yoke, ya que impediría el encendido de la maquinaria. Dicha eliminación permitió que quedar un extremo libre y por tanto no se forzara el tubo.

TENNECO		INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN			Date						
ID	Linea de fabricación	N6 Línea 6H	Responsable	Eduardo Pérez	Mentor	Alberto Romance					
Equipo	S-1	Observaciones		T&M	<input type="checkbox"/>						
Asignado a	Pere Getino	Prioridad	Media	Cerrado	Revisado	<input type="checkbox"/>					
					C3	<input type="checkbox"/>					
					VIG:	<input type="text"/>					
1 - Descripción del problema		Nivel del problema		S	<input type="checkbox"/>	P	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>	A	<input checked="" type="checkbox"/>
A la hora de soldar los tubos con sonda, se produce un porcentaje de chatarra de alrededor del 3%, debido a que el tubo raja. Siendo el objetivo de la empresa el 0,5%											
2 - Causa raíz											
Debido al diseño del útil, los tubos entran forzados. Esto genera una alta tensión a la altura del agujero debido a la falta de superficie.											
3 - Contramedida propuesta		Eliminar el presionador de la torreta izquierda de la referencia 82448123,									
4 - Resultado esperado		5 - Resultado obtenido		6 - Puntos aprendidos							
Liberar de tensión el tubo Reducir el porcentaje de chatarra		Se libera el tubo de tensión y se reduce el porcentaje de chatarra en la referencia 82448123 a un 0.5% aproximadamente.		a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas Reducir la tensión del tubo reduce el porcentaje de chatarra debido a fallos de soldadura. b. Aprendizaje global de los pasos 1-5							
Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya											

ILUSTRACIÓN 60: A3 MODIFICACIÓN ÚTIL REF:82448213



ILUSTRACIÓN 61: TORRETA ÚTIL 82448123 CON PRESIONADOR (ELABORACIÓN PROPIA)



ILUSTRACIÓN 62: TORRETA ÚTIL 82448123 SIN PRESIONADOR (ELABORACIÓN PROPIA)

**Resultado:** Se observa un descenso significativo de los tubos rajados.

**Lecciones aprendidas:** Para que una soldadura no deteriore las cercanías del agujero es importante que el estado tensional del tubo no se vea afectado por el útil. Para ello, es importante dejar un extremo libre para que, en caso de no encajar perfectamente, el tubo cambie de posición, pero nunca se deforme y así, se pueda insertar la sonda.

Una vez aprendida la lección se decidió buscar soluciones similares al resto de referencias, es decir, evitando las deformaciones.

La siguiente referencia sobre la cual se decidió actuar fue la 70008170. El útil de esta referencia no se podía modificar de la misma forma que el de la referencia anterior, ya que la forma de cada tubo provoca que cada modificación deba ser diferente. El objetivo era liberar el tubo de cualquier tensión a la que pudiera estar sometido independientemente de donde se situara el agujero. Es decir, soldar la sonda, independientemente del curvado del tubo.

Para ello, se encargó al taller que rebajara en cuatro milímetros el diámetro del centrador donde se colocaba la boca del tubo. Además, en el otro extremo donde se sitúa la otra boca, se encargó eliminar la pared que hacía tope a dicho tubo, lo que conllevaría, a su vez, la modificación de la posición del poka-yoke.

## ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

<b>TENNECO</b>				<b>INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN</b>				Date	
ID		Línea de fabricación N6 Línea 6H		Responsable Eduardo Pérez		Mentor Alberto Romance			
Equipo S-1		Observaciones		Revisado <input type="checkbox"/>		T&M <input type="checkbox"/>			
Asignado a Pere Getino		Prioridad Media Cerrado				C3 <input type="checkbox"/>			
<b>1 - Descripción del problema</b>		Nivel del problema S <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/>		<b>3 - Contramedida propuesta</b>					
<p>A la hora de soldar los tubos con sonda, se produce un porcentaje de chatarra de alrededor del 3%, debido a que el tubo raja. Siendo el objetivo de la empresa el 0,5%</p>		<p><b>2 - Causa raíz</b></p> <p>Debido al diseño del útil, los tubos entran forzados. Esto genera una alta tensión a la altura del agujero debido a la falta de superficie.</p>		<p>Modificar el útil de la referencia 70008170.                      -Reduciendo en 4mm el diámetro del centrador del extremo izquierdo.                      -Eliminando la pared de la torreta del extremo izquierdo y variando así la posición del poka-yoke para que siga teniendo utilidad.</p>					
<b>4 - Resultado esperado</b>		<b>5 - Resultado obtenido</b>		<b>6 - Puntos aprendidos</b>					
<p>Liberar de tensión el tubo Reducir el porcentaje de chatarra</p>		<p>Se reduce a un 0,5% el porcentaje de chatarra generada por soldadura. Sin embargo, se genera chatarra por desviaciones en la inclinación de la sonda respecto al eje del tubo. En lo que respecta a referencia 70008170</p>		<p>a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas Las modificaciones realizadas reducen la tensión pero aumentan la variabilidad, ya que se genera un juego de rotación.</p> <p>b. Aprendizaje global de los pasos 1-5</p>					
Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya									

**ILUSTRACIÓN 63: A3 1º MODIFICACIÓN ÚTIL REF:70008170**



**ILUSTRACIÓN 64: CENTRADOR DE LA REF:70008170 (ELABORACIÓN PROPIA)**



**ILUSTRACIÓN 65: TORRETA CON POKA-YOKE EN LA PARED REF:70008170 (ELABORACIÓN PROPIA)**

**Resultado:** Liberando el tubo por sus extremos se reduce enormemente la producción de chatarras a causa de fallos de soldadura. Sin embargo, al haber modificado el útil se genera un pequeño juego de rotación en el sentido del eje del tubo a la altura de la sonda. Este juego, junto con el del agujero y la sonda, provoca variaciones en ángulo y posición de la sonda respecto al tubo lo que causaba que se generen chatarras debido a que no cumple en el útil de control.

**Lecciones aprendidas:** Quitar las limitaciones debidas a la longitud del tubo y, por tanto, darle mayor libertad provoca una disminución del porcentaje de chatarra debido a la soldadura.

Sin embargo, modificar un útil también tiene sus riesgos, ya que, en este caso, el juego entre la sonda y el agujero, tal y como veíamos en el diagrama, se ve afectado; más aún debido al juego de la rotación, ya que se pasan de producir los fallos de soldadura a fallos de posición de la sonda. Como consecuencia, se observó una ligera mejora de la producción de chatarra, pero lejos del objetivo establecido.

Para eliminar el efecto existente del juego entre la sonda y el agujero, se procedió a eliminar la rotación del tubo. Para ello, se fijó el tubo a la base de la torreta central con forma de U, por lo que se tuvo que aumentar la altura de la torreta cinco milímetros. Hasta la fecha, solo tenían uso las paredes de la torreta, y no su base, siendo únicamente estas las que fijaban la posición del montaje y controlaban a su vez, la forma del tubo.

TENNECO		INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN			Date	
ID	Linea de fabricación	N6 Línea 6H	Responsable	Eduardo Pérez	Mentor	Alberto Romance
Equipo	S-1	Observaciones	Revisado	<input type="checkbox"/>	T&M	<input type="checkbox"/>
Asignado a	Pere Getino	Prioridad	Media	Cerrado	C3	<input type="checkbox"/>
1 - Descripción del problema		Nivel del problema		S <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/>		3 - Contramedida propuesta
A la hora de soldar tubos con sonda, en la referencia 70008170, se genera un 2,5% de chatarra. Siendo un 2% debida a la desviación en la inclinación de la sonda respecto al eje del tubo.						Aumentar la altura de la torreta central en forma de U en 5 mm del útil para que el tubo pueda descansar en su base.
2 - Causa raíz						
Al haber modificado el útil para liberar el tubo, se ha generado un juego de rotación, respecto al eje del tubo.						
4 - Resultado esperado		5 - Resultado obtenido		6 - Puntos aprendidos		
Eliminar el juego de rotación. Eliminar el % de chatarras generado por la inclinación de la sonda respecto al eje del tubo.		Se elimina la rotación y con ello pasa a 0% el porcentaje de chatarra generada por la desviación. Por tanto se llega finalmente a un 0,5% de chatarra.		a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas Para realizar un diseño correcto de útil no puede existir ni tensión ni cualquier tipo de juego. b. Aprendizaje global de los pasos 1-5		

Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya

ILUSTRACIÓN 66: 2º MODIFICACIÓN ÚTIL REF:70008170

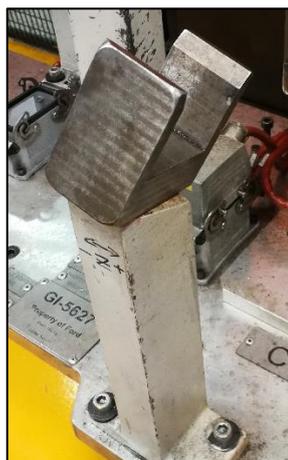


ILUSTRACIÓN 67: TORRETA EN FORMA DE U (ELABORACIÓN PROPIA)

## ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

**Resultado:** Se elimina la rotación del tubo y por tanto se reduce la producción de chatarra.

**Lecciones aprendidas:** Eliminar cualquier posibilidad de juego es fundamental a la hora de producir, puesto que disminuye la variabilidad y mejora la calidad del producto. En este caso, utilizar la base de una torre sirve para establecer un punto fijo y así eliminar la rotación.

Por último, se actuó en la última referencia de los tubos con sonda, la 82423503. Aplicando lo aprendido se decidió liberar uno de los extremos, en este caso el izquierdo, que consistía en un cilindro diseñado para centrar el tubo pero que servía más de apoyo que de centrador. Además, como el útil poseía una torreta en U, fijaba la rotación y con los dos apoyos era suficiente.

TENNECO		INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN			Date	
ID	Línea de fabricación	N6 Línea 6H	Responsable	Eduardo Pérez	Mentor	Alberto Romance
Equipo	S-1	Observaciones	T&M	<input type="checkbox"/>	V'Bº	
Asignado a	Pere Getino	Prioridad	Media	Cerrado	Revisado	<input type="checkbox"/>
1 - Descripción del problema		Nivel del problema		S <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/>		
A la hora de soldar los tubos con sonda, se produce un porcentaje de chatarra de alrededor del 3%, debido a que el tubo raja. Siendo el objetivo de la empresa el 0,5%		3 - Contramedida propuesta		Eliminar el centrador izquierdo de la referencia 82423503.		
2 - Causa raíz		Debido al diseño del útil, los tubos entran forzados. Esto genera una alta tensión a la altura del agujero debido a la falta de superficie.				
4 - Resultado esperado		5 - Resultado obtenido		6 - Puntos aprendidos		
Liberar de tensión el tubo Reducir el porcentaje de chatarra		Se reduce la tensión en el tubo y esto provoca una reducción del porcentaje de chatarras a un 0,5% aproximadamente		a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas Liberar el tubo que posee exceso de tensión reduce la producción de chatarra por soldadura. b. Aprendizaje global de los pasos 1-5		
Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya						

ILUSTRACIÓN 68: A3 MODIFICACIÓN ÚTIL REF:82423503



ILUSTRACIÓN 69: CENTRADOR (ELABORACIÓN PROPIA)

**Resultado:** Se reduce la cantidad de chatarra producida por soldadura.

**Lecciones aprendidas:** En muchas ocasiones, los útiles no cumplen las funciones para las cuales fueron diseñados. En este caso, el centrador era un elemento cuya función era redundante, ya que con el resto de los elementos bastaba para la pieza estuviera siempre en el

mismo sitio. Además, el centrador provocaba que el tubo sufriera mayores esfuerzos de compresión, por lo que su eliminación supuso una gran mejora en la soldadura.

Una vez se había resuelto el problema de todas las referencias por separado, ya que se estaba cumpliendo semanalmente el objetivo de chatarra, volvió a surgir en la referencia 82448123 un brote de tubos rajados. Por tanto, se decidió volver a examinar el cordón de soldadura tanto por dentro como por fuera, para ello se cortó la pieza.



ILUSTRACIÓN 70: PIEZA CORTADA EXTERNO  
(ELABORACIÓN PROPIA)

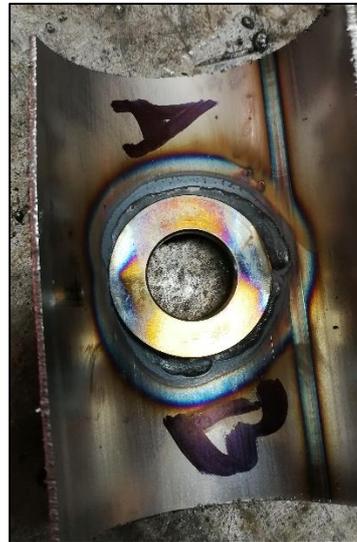


ILUSTRACIÓN 71: PIEZA CORTADA INTERNO  
(ELABORACIÓN PROPIA)

Tras cortar la pieza, se observó que el segundo cordón de soldadura penetraba dentro del tubo más que el primer cordón, tal y como se aprecia en la *Ilustración 71: Pieza cortada interno*. Además, se analizó que la mayoría de los tubos (el 80%) se rajaban por el lugar del segundo cordón, información que se recogió gracias al estadillo de la *ilustración 49* relleno a diario en línea. Debido a estas observaciones se desarrolló una nueva teoría: la soldadura que rodea la sonda se realiza con dos cordones, siendo cada uno igual a medio perímetro. Al realizar el primero, el tubo se calienta y como tal, al empezar el segundo el cordón, la pieza todavía sigue caliente. Esto provoca que el material que se aporta en el segundo cordón permanezca más tiempo en estado líquido. Además, debido a que existe juego entre la sonda y el agujero, dicho líquido penetra dentro de tubo. Por ello, se aprecia como el primer cordón tiene mayor volumen que el segundo. Estos dos factores favorecen que en la zona donde el tubo sufre más tensión ceda, debido al calor suministrado por el material de aporte que recubre el tubo tanto por fuera como por dentro de la sonda.

Después de esta deducción, se procedió a buscar una solución. La solución fue clara, disminuir la potencia del robot, pero solamente en el segundo cordón ya que como se vio en el primer A3, modificarla en toda la operación no suponía una mejora en calidad del proceso. Dicha medida pretendía disminuir el tiempo del material aportado en estado líquido y evitar la penetración.

## ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

<b>TENNECO</b>				<b>INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN</b>				Date
ID	Línea de fabricación	Responsable	Mentor					
Equipo S-1	N6 Línea 6H	Eduardo Pérez	Alberto Romane					
Asignado a	Observaciones	Revisado	T&M	V/Bº				
Jesus Gil	Prioridad Media Cerrado	<input type="checkbox"/>	C3 <input type="checkbox"/>					
<b>1 - Descripción del problema</b>		Nivel del problema		S <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/>				
A la hora de soldar los tubos con sonda de la referencia 82448213, se produce un porcentaje de chatarra de alrededor del 2,5% debido a que el tubo raja. Siendo el objetivo de la empresa un 0,5%				<b>3 - Contramedida propuesta</b>				
				Reducir la potencia del robot de soldadura sólo en el segundo cordón.				
<b>2 - Causa raíz</b>								
A la hora de realizar el segundo cordón la pieza está caliente, lo cual provoca que el material aportado esté en fase líquida más tiempo y se inserte entre la sonda y el agujero								
<b>4 - Resultado esperado</b>		<b>5 - Resultado obtenido</b>		<b>6 - Puntos aprendidos</b>				
Reducción del porcentaje de chatarras y generar un cordón más uniforme		Se genera un segundo cordón con menor penetración y con ello una reducción de chatarra de alrededor al 0,4%.		<b>a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas</b> La realización de cordones cercanos provoca que se afecten simultáneamente. Ya que aumenta su temperatura. Por ello, reducir la potencia de los cordones posteriores disminuye la chatarra. <b>b. Aprendizaje global de los pasos 1-5</b>				

Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya

**ILUSTRACIÓN 72: REDUCCIÓN DEL VOLTAJE EN EL SEGUNDO CORDÓN**

**Resultado:** Se dejan de producir chatarras debido a la soldadura y se consigue un segundo cordón de mayor volumen y con menor penetración.

**Lecciones aprendidas:** Cuando una soldadura es crítica debido a que no existe un espacio físico entre las dos piezas a unir y, además los cordones se realizan en áreas muy pequeñas y cercanas entre ellas, la disminución del tiempo que el material aportado está en estado líquido es un factor vital, ya que, en caso de excederse el líquido atraviesa el tubo a través del juego. Para llevar a cabo esta reducción es necesario iniciar la soldadura con la potencia necesaria para realizar un cordón uniforme y una vez iniciado reducir progresivamente la potencia, más todavía en cordones cercanos y consecutivos.

### 6.3. Conclusión

A la hora de diseñar un útil para soldar un tubo con sonda es un inconveniente utilizar demasiados puntos de apoyo. El exceso de apoyos genera que el tubo se fuerce y esto provoca que se generen tensiones internas. Además, donde se posee el agujero da lugar a la zona de menor perímetro y a su vez de mayor tensión, que coincide con la zona donde se va a soldar, y por ello, ahí se sitúa el punto de mayor riesgo. Sin embargo, también es necesario poseer los suficientes puntos de apoyo para garantizar que la pieza esté siempre en su sitio.

Por otro lado, al realizar una soldadura sin solape, donde no están en contacto las piezas, hay que evitar que el material aportado esté un tiempo excesivo en estado líquido y así, evitar que penetre entre las dos piezas. Para ello, reducir la corriente de la soldadura en la pieza, una vez esta ha sido calentada por cordones anteriores, es una medida eficaz.

Por otro lado, aunque no fuera el factor más importante, se ha podido observar como la mejora del sistema de taladrado supone una mejora en la reducción de chatarras en torno a un 1% debido a la reducción del juego entre la sonda y el tubo. El sistema de taladrar estaba totalmente desactualizado. Se tenía un taladro manual, que quemaba las herramientas de corte

y sin medidas de seguridad. Con la renovación, se han conseguido mejorar los tiempos de ciclo considerablemente, la variabilidad de la posición del agujero y a su vez la durabilidad de las herramientas de corte, ya que se pueden controlar tanto las r.p.m. y la velocidad de avance, y así ajustarlas a la que recomienda el fabricante. Por otro lado, buscar la recomendación del proveedor para la utilización de una corona acorde a las necesidades, específica para agujerear superficies curvas, ha sido determinante para a eliminación de las rebabas y, a su vez, el control del diámetro del agujero. Por último, hay que destacar que después de tantos años Tenneco poseía sólo herramientas de corte superficies planas.

## 7. 2ª Cadena A3 (rotura del motor)

### 7.1. Introducción

Durante estas veinte semanas de pruebas, surgió un imprevisto que afectó gravemente a la eficiencia. El eje que insertaba la sonda del motor estaba doblado y, por tanto, se bloqueaba al desenroscarse, ya que, en vez de rotar, realizaba un excéntrico, siendo incapaz de desenroscarse. Este fallo provocaba que solamente se pudiera trabajar con una mesa de las dos, lo cual disminuía a más de la mitad la eficiencia de la línea. Hay que añadir que no se disponía de ningún recambio, por tanto, tocó trabajar de esta forma durante un mes.

Este problema se quiso abordar de manera doble. Primero, se intentó buscar la causa raíz, es decir, porque se había deformado. La causa fue un golpe en el cambio de utillaje. Por esta razón se decidió realizar una revisión de los cambios de utillajes para así poder evitar riesgos innecesarios y, además, poder encontrar cualquier mejora. Segundo, se trató de buscar una solución alternativa en caso de que volviera a producirse ese fallo.

### 7.2. Experimentación

Después de realizar un cambio de referencia de catalizador a un tubo con sonda, se dieron cuenta de que el motor no era capaz de desenroscar la sonda y, por tanto, solo se podía trabajar con una mesa. En ese momento se paró la línea, se sacó el tubo y se probó el motor de manera manual. Así, se dieron cuenta de que el eje del motor estaba doblado y en vez de realizar una rotación pura respecto a un eje, realizaba un excéntrico.

Por este motivo, se decidió llevar al taller de útiles el motor con el fin de repararlo y poder volver a la normalidad. Sin embargo, los recursos internos no fueron suficientes y no se llega a cumplir este objetivo. Esto provocó la situación de tener un motor roto, con una mesa parada y una eficiencia de 30%.

Por ello, se decide realizar una compra de dos motores nuevos, uno para sustituir al estropeado y otro para generar un recambio y en caso de que el problema se volviera a generar, evitar tener una mesa parada de nuevo.

TENNECO				INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN				Date
ID	Linea de fabricación	N6 Línea 6H	Responsable	Eduardo Pérez	Mentor	Alberto Romance		
Equipo	S-1	Observaciones	Revisado	<input type="checkbox"/>	T&M	<input type="checkbox"/>	Vg <sup>2</sup>	
Asignado a	Compras	Prioridad	Media	Cerrado	C3	<input type="checkbox"/>		
1 - Descripción del problema		Nivel del problema		S	<input type="checkbox"/>	P	<input type="checkbox"/>	
Sólo se puede trabajar con una mesa, puesto que el eje del motor de la sonda se ha doblado y no es capaz de desenroscar la sonda. Lo que provoca una caída de alrededor del 50% de la eficiencia				C	<input type="checkbox"/>	A	<input checked="" type="checkbox"/>	
2 - Causa raíz		3 - Contramedida propuesta						
En un cambio de referencia el motor ha sufrido un golpe y ha deformado el eje		Comprar 2 nuevos motores, uno para sustituir al actual y otro para generar un recambio.						
4 - Resultado esperado		5 - Resultado obtenido		6 - Puntos aprendidos				
Poder volver a trabajar con 2 mesas y en el caso de que se vuelva a romper no tener que trabajar con 1 mesa		Tras un mes de espera llegan los motores y se vuelve a normalizar la eficiencia a valores cercanos al 70%		a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas Antes de iniciar el proyecto en necesario tener recambios de los elementos más dependientes de la eficiencia. b. Aprendizaje global de los pasos 1-5				
<small>Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya</small>								

ILUSTRACIÓN 733: A3 COMPRA DE 2 MOTORES

**Resultado:** Tras casi cuatro semanas de espera, llegan los motores y se vuelve a normalizar la eficiencia.

**Lecciones aprendidas:** Este tipo de fallos deben preverse con anterioridad, ya que influyen notablemente en la eficiencia y como tal, en el coste. Poseer recambios antes de que sucedan los problemas es un buen método de ahorro.

Viendo la gran pérdida de eficiencia que había supuesto la rotura del motor, se decidió realizar una revisión del proceso de cambio de referencia del catalizador a un tubo sonda, programado teóricamente en 120 minutos. La finalidad de esta revisión era buscar mejoras tanto en seguridad, para evitar riesgos en los que se pueda volver a romper el motor, como en tiempos, ya que es una línea donde diariamente se realiza este cambio de referencia y, como cualquier otro proceso de cambio, se trata de un tiempo no productivo y a su vez, pérdida de eficiencia.

## ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

<b>TENNECO</b>				<b>INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN</b>				Fecha
ID	Línea de fabricación	Responsable	Mentor					
S-1	N6 Línea 6H	Eduardo Pérez	Alberto Romance					
Asignado a	Observaciones	Prioridad	Media	Cerrado	Revisado	T&M	V'Bº	
Alberto Romance					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1 - Descripción del problema		Nivel del problema		3 - Contramedida propuesta				
<p>Sólo se puede trabajar con una mesa, puesto que el eje del motor de la sonda se ha doblado y no es capaz de desenroscar la sonda. Lo que provoca una caída de alrededor del 50% de la eficiencia</p>		<p>S <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/></p>		<p>Que el departamento de mejora continua haga una revisión del cambio de referencia de la línea 6H.</p>				
2 - Causa raíz								
<p>En un cambio de referencia el motor ha sufrido un golpe y ha deformado el eje</p>								
4 - Resultado esperado		5 - Resultado obtenido		6 - Puntos aprendidos				
<p>Reducción de riesgos y búsqueda de mejoras Evitar futuras roturas de motor</p>		<p>Ninguno.</p>		<p>a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas No se obtienen resultados debido a la falta de actitud de los operarios, que no siguen ningún método de trabajo. b. Aprendizaje global de los pasos 1-5</p>				

Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya

**ILUSTRACIÓN 74: A3 REVISIÓN DE UNA PREPARACIÓN**

**Resultado:** No se puede prever ninguna mejora puesto que los operarios no cumplen el método de trabajo ni tampoco se esfuerzan por realizar la preparación externa correctamente, además de no cumplir las normas de seguridad. Por otro lado, el tiempo de la preparación se realiza en 150 minutos, tiempo excesivo.

**Lecciones aprendidas:** Tras esta revisión se descubrió que uno de los problemas de la línea era la falta de actitud de los trabajadores. Así, de nada servía tener un método de trabajo en las preparaciones muy bien establecido si su seguimiento no se cumplía. Otra lección aprendida fue que tras esta revisión se dedujo que el tiempo teórico debía de ser muy superior al real, ya que, teniendo unos trabajadores desmotivados, relajados y sin actitud, no se excedían demasiado en el cumplimiento del tiempo de cambio.

Viendo el resultado se decidieron tomar medidas. Por ello, la primera medida fue explicar y hacerles entender a los operarios la importancia de seguir el método de trabajo, ya que era la forma de trabajar más eficiente. Además, se trató de hacerlos sentir partícipes de la mejora de eficiencia de la línea.

La segunda medida fue intentar buscar un tiempo teórico más realista, exigente y que, además, les contara para cobrar los incentivos, de tal forma que estos tuvieran que trabajar de la forma más eficiente para cumplir los objetivos. Para ello, se realizó un proceso de cambio de referencia siguiendo este método con los TEAM SUPPORT (operarios de mayor rango) con el objetivo de establecer los tiempos reales que toma este proceso.

TENNECO		INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN				Date	
ID	Linea de fabricación	N6 Línea 6H	Responsable	Eduardo Pérez	Mentor	Alberto Romance	
Equipo	S-1	Observaciones	T&M	<input type="checkbox"/>	VºBº		
Asignado a	Javier Gil	Prioridad	Media	Cerrado	Revisado	<input type="checkbox"/>	
1 - Descripción del problema		Nivel del problema		S <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/>	3 - Contramedida propuesta		
<p>Los operarios de la línea 6H no cumplen el método de trabajo provocando así riesgos innecesario para ellos, y para los objetos de la línea (ya rompieron el motor de la sonda). Además de trabajar de manera muy poco eficiente</p>		<p>2 - Causa raíz</p> <p>El tiempo teórico no es realista y excede al reallo que provoca que no les influya en los incentivos.</p>		<p>Realizar una preparación con los Team Support (operarios de mayor rango) siguiendo el método de trabajo, para la toma de tiempos. Además aprovechar para buscar mejoras.</p>			
4 - Resultado esperado		5 - Resultado obtenido		6 - Puntos aprendidos			
<p>Reducir el tiempo teórico Encontrar mejoras</p>		<p>Se reduce el tiempo teórico (120 minutos) a 60 minutos. Se encuentra una mejora de 8 minutos respecto a la ubicación de los útiles.</p>		<p>a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas Sin el cumplimiento del método es muy difícil encontrar mejoras. Además, gente preparada con ganas de trabajar mejora los tiempos teóricos. b. Aprendizaje global de los pasos 1-5</p>			

Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Camelo Anaya

**ILUSTRACIÓN 745: A3 PREPARACIÓN MEDIANTE TEAM SUPPORT**

**Resultado:** Reducción en una hora en el cambio respecto a las dos horas del tiempo teórico anteriormente establecido. Además, se observa una posible mejora, ya durante el proceso primero se dejaba el útil utilizado en la estantería y luego se colocaba el siguiente en la línea, pero debido al espacio, el tamaño y la altura de los útiles se perdían unos doce minutos, proceso que podría optimizarse.

**Lecciones aprendidas:** Unos empleados comprometidos son capaces de mejorar los tiempos de los cambios, hasta el punto de demostrar que el tiempo teórico está por encima del real. Esto hace presagiar que dichos tiempos no estaban adaptados a esa línea. Además, se comprueba que solo cuando se sigue el método de trabajo se pueden observar posibles mejores.

Tras el proceso de cambio realizado con los Team support se decidió buscar una mejora a la situación de los utillajes. Para ello, se modificó el método de la línea, de forma que antes de empezar el cambio, el Team leader coloque un palé vacío encima de un carro y otro con el útil de la referencia entrante al lado de la mesa, donde se realiza el cambio y para, una vez finalizado el proceso, el Team leader los coloque por la parte de atrás, en la estantería. En esta mejora se estima que se reduciría en 8 minutos la preparación.

Para comprobar la medida propuesta, se decide, primero, modificar el método de trabajo incorporando la propuesta anterior y segundo, se procede a la realización de una prueba con unos operarios diferentes y habiendo establecido el nuevo tiempo teórico en 52 minutos. De antemano, a estos operarios se les estuvo motivando y planteando la situación de que sería complicado cumplir con el tiempo teórico si no seguían el método.

## ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

<b>TENNECO</b>				<b>INFORME DE IMPLEMENTACIÓN KAIZEN</b>				Date
ID		Línea de fabricación N6 Línea 6H		Responsable Eduardo Pérez		Mentor Alberto Romance		
Equipo S-1		Observaciones		Revisado <input type="checkbox"/>		T&M <input type="checkbox"/>		
Asignado a Javier Gil		Prioridad		C3 <input type="checkbox"/>		VºBº		
		Media		Cerrado				
<b>1 - Descripción del problema</b>				<b>3 - Contramedida propuesta</b>				
Nivel del problema S <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/>								
Los operarios de la línea 6H no cumplen el método de trabajo provocando así riesgos innecesario para ellos, y para los objetos de la línea (ya rompieron el motor de la sonda). Además de trabajar de manera muy poco eficiente				Modificar el método de la preparación para que los útiles pasen por palés en vez de ir directamente a la estantería y que luego el Team leader los coloque en su ubicación. Sustituir el tiempo teórico de la preparación por el de los team support menos 8 minutos que es el tiempo que se espera de la mejora. Analizar el resultado de la siguiente preparación.				
<b>2 - Causa raíz</b>								
El tiempo teórico no es realista y excede al reallo que provoca que no les influya en los incentivos.								
<b>4 - Resultado esperado</b>		<b>5 - Resultado obtenido</b>		<b>6 - Puntos aprendidos</b>				
Con un tiempo teórico de 52 minutos, y el sistema de incentivos implantado. Se espera que tengan que trabajar de la manera más eficiente hasta la fecha, de del método de trabajo		Se obtiene una preparación de 48 minutos, menor que el actual tiempo teórico.		a. Esperado vs real Desviación/Sorpresas Cuando está en peligro el sueldo de los trabajadores, trabajan de manera más correcta y eficiente. b. Aprendizaje global de los pasos 1-5				

Versión 2 del 02/03/2010. Realizado por Carmelo Anaya

**ILUSTRACIÓN 76: A3 MODIFICACIÓN MÉTODO DE TRABAJO**

**Resultado:** El proceso de cambio tarda 48 minutos, reduciendo así el tiempo esperado.

**Lecciones aprendidas:** El factor más importante a la hora de reducir el proceso de cambio es la actitud, seguida de un buen método de trabajo. Además, se comprueba como aun habiendo reducido el tiempo teórico más exigente de 52 minutos, los operarios tienen margen suficiente para cumplirlo.

### 7.3. Conclusión

La eficiencia está muy ligada al número de mesas con las que se puede trabajar. Por tanto, tener el motor que desenrosca la sonda imposibilitando el uso de una de ellas, es algo que nunca debería ocurrir. Para ello, se debería prevenir reduciendo al máximo el riesgo de que suceda y como segunda medida, la creación un recambio por si sucediera algún imprevisto como en nuestro caso.

Por otro lado, para poder prevenir riesgos de rotura uno de los aspectos fundamentales es la actitud de los operarios para que trabajen de manera activa, correcta y segura. De nada sirve poseer el mejor método de trabajo si no se sigue. Para mejorar su comportamiento se pueden usar varias herramientas. En nuestro caso, se han utilizado dos herramientas, la primera y la más complicada, más cuando eres nuevo y tratas con gente desconocida, que lleva muchos años, con sus vicios y su manera de trabajar, es tratar de motivarlos haciéndoles entender a la gente que su forma de trabajo no es la más eficiente, y que lo que se quiere buscar es conseguir un objetivo común para que la empresa prospere. Sin embargo, la medida óptima ha sido relacionarlo con los incentivos. En este caso, ajustar los tiempos teóricos, convirtiéndolos en más exigentes y ligándolos a los incentivos ha sido la mejor manera de asegurar el correcto seguimiento del método de trabajo.

Por último, siempre que se analiza un cambio se deben también buscar mejoras. En este caso, colocar los útiles en la estantería suponía una pérdida de tiempo debido a su dificultad, por ello, simplificar el proceso mediante palés y realizarlo al finalizar el proceso, sin la presión de no cumplir con las piezas fabricadas, es un ahorro de tiempo y de dinero.

## 8. Conclusiones finales

En este apartado se van a resumir las conclusiones a las que se han llegado en las cadenas de A3, además de compararlas con las gráficas de las dos métricas a mejorar. También se acompañarán las conclusiones de una demostración económica del ahorro que ha supuesto la realización del proyecto.

### 1ª Cadena de A3:

La clave para realizar una soldadura de un tubo sonda, en el cual no existe solape entre ellos, ya que la sonda es insertada dentro del agujero, es controlar tanto la potencia del robot como el utillaje.

Respecto al utillaje, cuando un tubo es forzado para entrar en el útil aumenta su probabilidad de sufrir desperfectos a la hora de soldar. Para ello, el objetivo fundamental en el diseño de un útil es que fije el tubo, para reducir al máximo la variabilidad y, a su vez, que respete su forma natural, ya que en caso contrario se fuerza el mismo. Esta lógica, adquiere mayor importancia cuando la relación diámetro-agujero/diámetro-tubo es mayor, ya en la zona del agujero existe menos superficie que soporte las fuerzas internas generadas.

Por otro lado, a la hora de soldar tubos con la sonda insertada en el agujero, la misión a realizar es disminuir al máximo el material introducido por el juego entre ambas, puesto que a mayor material introducido más tubos rajados. Para ello, el diámetro de la sonda y el del agujero deben de ser lo más parecido posible. Por ello, es muy importante poseer un buen taladro automático y la herramienta de corte apropiada para realizar los agujeros.

Un taladro manual en vez de uno automático provoca un aumento de la variabilidad de la posición del agujero y mayor cantidad de rebabas que, al ser eliminadas, modifican la geometría del agujero, además de un mayor coste de reafilados de las herramientas de corte y un mayor tiempo de ciclo por unidad de pieza. Por otro lado, con un taladro automático, con el cual se puedan variar las r.p.m. y la velocidad de avance, se puede reducir la cantidad de rebabas que se generan, pero no en su totalidad. En este aspecto, el factor determinante consiste en la utilización de una herramienta de corte diseñada para tal función. En el caso de este proyecto, la herramienta de corte ha de estar diseñada para agujerear superficies curvas, mientras que la herramienta hasta el momento era para planas.

Otra posibilidad para disminuir el material insertado en el tubo es disminuir el tiempo que el material aportado está en estado líquido. Para ello, hay que reducir progresivamente la intensidad de corriente que utiliza el robot, ya que cuando los cordones son muy cercanos, el primero afecta a la zona del segundo calentándola, provocando así que la energía necesaria para realizar un segundo cordón sea menor.

### 2ª Cadena de A3:

Antes de poner a fabricar cualquier producto es necesario realizar un examen previo de los elementos más importantes, los cuales tengan mayor riesgo de rotura o que su rotura influya gravemente en la productividad, además de generar recambios para así evitar grandes caídas de eficiencias debido a que solo se puede fabricar con una mesa. En este caso, provocó una caída de más del 50% durante cuatro semanas por no haber tenido un recambio de motor que imposibilitaba que el robot estuviera constantemente soldando ya que solo se trabajaba con una de las dos mesas.

Por otro lado, el comportamiento de los empleados es algo que hay que cuidar. De ellos depende tanto la fabricación de las piezas como de mantener la línea limpia y segura. Sin embargo, falta

de actitud a la hora de trabajar puede causar riesgos innecesarios que provoquen la rotura de elementos de la línea, como en nuestro caso. Por ese mismo motivo, hay que tratar de motivar e incentivar a los operarios para realización del método de trabajo y así poder trabajar de manera eficaz, segura y eficiente. En este caso la forma más exitosa ha sido colocar un tiempo más exigente, gracias a la realización de una preparación con operarios más experimentados y relacionar los incentivos con su cumplimiento ya que obligaba a los operarios a tener que seguir el método para llegar a los tiempos.

Para concluir, la clave para mejorar la eficiencia consiste en estar produciendo el mayor tiempo posible, para ello, es necesario disminuir tanto el tiempo que se utiliza para cambios de referencia como a su vez, disminuir la cantidad de cambios que se realizan. Para ello se necesita un buen método de trabajo y más importante aún, que este se cumpla. Ya que si este no se cumple será imposible trabajar de la mejor manera y a su vez, generar cualquier tipo de mejora. En este caso, gracias a la revisión de la preparación, se dedujo que crear herramientas, para guardar útiles, cercanas a la línea no suponen un ahorro de tiempo si poseen gran complicación a la hora de utilizarse. Por ello, siempre hay que priorizarla búsqueda de la sencillez.

## 8.1. Implementación en línea y seguimiento

En este apartado se va a comentar la evolución de las dos métricas de la línea 6H, que son el porcentaje de chatarras y la eficiencia y, a su vez, la conexión de estas con las cadenas de A3.

Como podemos observar en *Ilustración 77: (%) De chatarra y eficiencia L06H* se parte de una eficiencia cercana al 45% y un porcentaje de chatarras de alrededor del 4%.

A partir de este punto se va a separar la explicación de cada métrica por separado.

En lo que respecta a la eficiencia, se observa un incremento constante a lo largo de las veinte semanas debido a las mejoras aplicadas en el taladrado de los tubos, la modificación de útiles y la mejora de actitud de los operarios. Además, se puede observar como esta tendencia creciente se estabiliza en las últimas semanas entorno al 80% cumpliendo así con el objetivo. Sin embargo, se observa una gran caída entre las semanas 14 y 19. Hay que destacar que esta caída fue causada por la rotura del motor que desenroscaba la sonda y que provocó que todo el proceso del operario de quitar el tubo sondado y montar el siguiente fuera tiempo no productivo, ya que el robot no estaba soldando.

Hay que añadir que durante las primeras cuatro semanas, que consistieron en un proceso de observación y análisis, el incremento se debe en su totalidad a la mejora y perfeccionamiento de los propios operarios ya que, al ser un proyecto nuevo, la destreza y experiencia del operario es un punto de mejora.

En lo que respecta al porcentaje de chatarras se observa cómo se produce un descenso aproximadamente inverso al de la eficiencia debido a que se disminuyen las paradas causadas por los RED BIN. Sin embargo, como se puede observar entre las semanas 14 y 19 el decremento sigue siendo constante ya que, aunque se tarde más tiempo por unidad fabricada esto es independiente de esta métrica. Hay que destacar que en la semana 21, hay un pico que es el relacionado con el último A3 de la 1ª cadena.

ANÁLISIS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE CHATARRA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS SONDA Y CATALIZADORES (TENNECO)

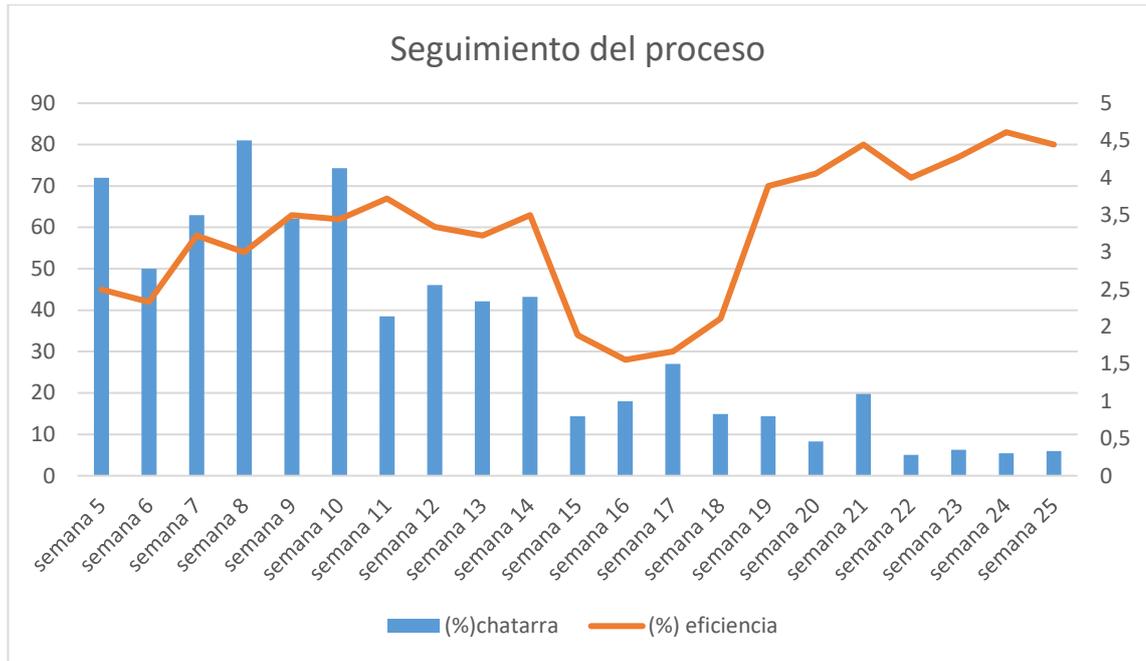
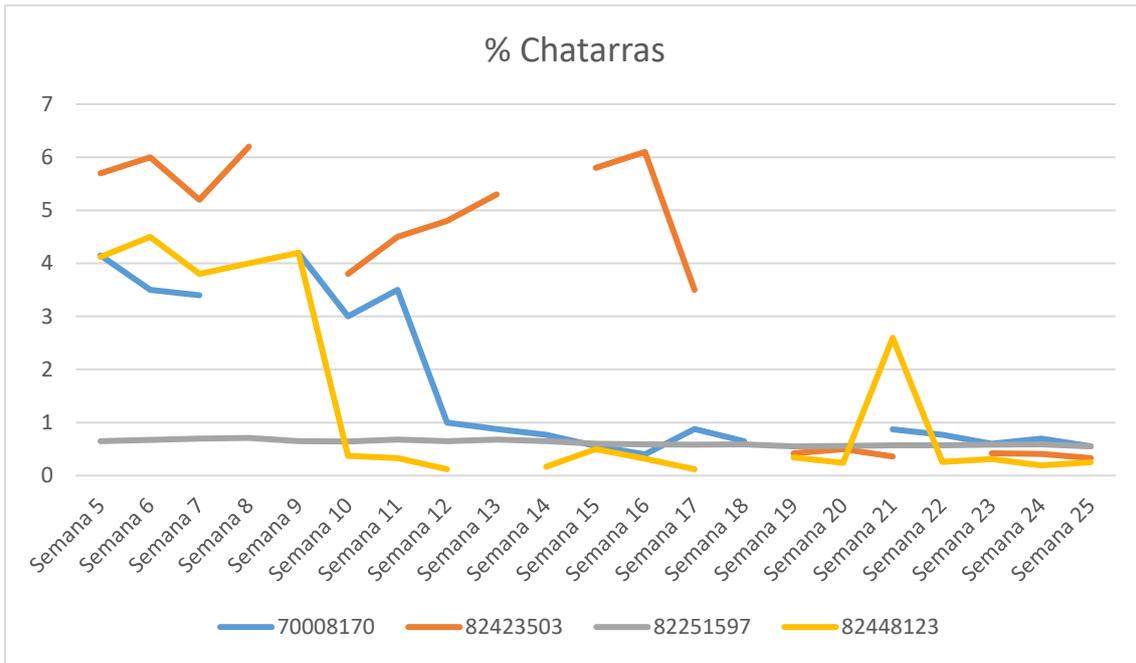


ILUSTRACIÓN 77: (%) DE CHATARRA Y EFICIENCIA L06H

Sin embargo, estos datos están muy influenciados por la referencia que se esté fabricando en cada momento, ya que la planificación de Tenneco priorizaba la fabricación de las referencias menos desfavorables para una disminución de costes. Por esta razón vamos a comentar ambas métricas por referencia de la *Ilustración 78: (%) De chatarras por referencias* y de la *Ilustración 7975: (%) Eficiencias por referencias*.

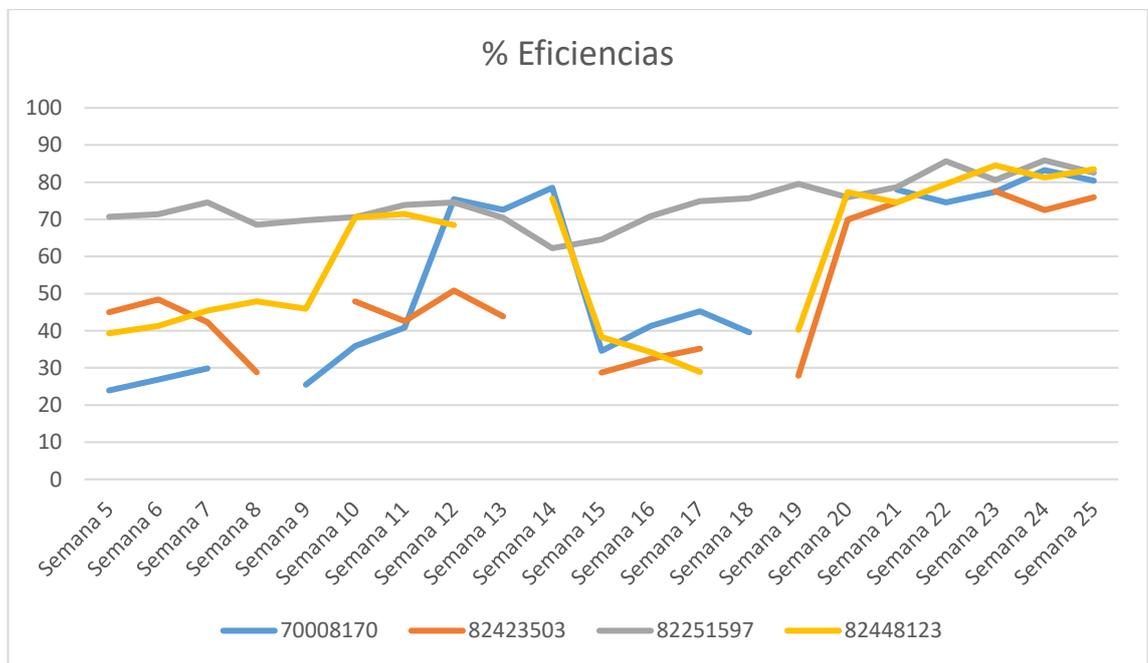
En la *Ilustración 78: (%) De chatarras por referencias* podemos observar como las modificaciones en los utillajes provocan caídas bruscas en cada referencia, además de que entre cada modificación de utillajes pasaron unas semanas, puesto que se quería observar si la mejora se conseguía para poder aplicarla a la siguiente referencia.

Hay que destacar el pico de la referencia 82448123 de la semana 21, que precipitó la realización del último A3 de la 1ª cadena.



**ILUSTRACIÓN 78: (%) DE CHATTARRAS POR REFERENCIAS**

Por otro lado, en la *Ilustración 7975: (%) Eficiencias por referencias* se puede observar como la gran variación entre referencias se estabiliza entorno al 80%, consiguiendo así un resultado aceptable para Tenneco.



**ILUSTRACIÓN 7975: (%) EFICIENCIAS POR REFERENCIAS**

Finalmente se observa cómo se alcanzan los objetivos en ambas métricas, gracias a las medidas adoptada.

## 8.2. Resultado económico

En este apartado se va a realizar una comparación entre los costes que se establecerían si se seguía con los resultados previos al proyecto y los posteriores.

La mejora de la eficiencia provoca que en el mismo tiempo productivo se fabriquen más piezas, ya que, se disminuyen los paros de la línea debido a material a causa de RED BIN, materiales defectuosos, etc.

Al principio del proyecto se estableció como punto de inicio una eficiencia de 45% y con la realización de este proyecto se ha llegado a un 80%. Con esta mejora el operario es capaz de fabricar un 177% más de piezas en el mismo tiempo productivo. Por tanto, el ahorro se consigue gracias a una reducción en salario del operario.

ref	Producción anual	pieza/min	pieza/hora	Salario operario (€/h)	Eficiencia previa	Coste anual previo	Eficiencia actual	coste anual actual	Ahorro
70008170	8940	0,9	0,015000	17,00 €	23,92%	9.530,52 €	82,00%	2.780,12 €	6.750,40 €
82423503	10518	0,9	0,015000	17,00 €	45,00%	5.960,20 €	75,00%	3.576,12 €	2.384,08 €
82251597	17512	3,229	0,053817	17,00 €	70,65%	22.677,19 €	82,56%	19.405,81 €	3.271,38 €
82448123	19291	0,9	0,015000	17,00 €	39,29%	12.520,25 €	83,00%	5.926,75 €	6.593,49 €
<b>Total</b>									<b>18.999,35 €</b>

Por otro lado, una disminución de chatarra supone también un ahorro en costes, ya que, al no poder ser retrabajadas, se convierten directamente en desperdicios.

ref	coste	Producción anual	% Chatarra Previa	Coste anual previo	% Chatarra actual	Coste anual	Ahorro
70008170	9,68 €	8940	4,25%	3.677,92 €	0,23%	199,04 €	3.478,88 €
82423503	10,53 €	10518	5,70%	6.313,01 €	0,60%	664,53 €	5.648,48 €
82251597	314,84 €	17512	0,65%	35.837,61 €	0,55%	30.324,13 €	5.513,48 €
82448123	10,38 €	19291	4,12%	8.249,91 €	0,43%	861,03 €	7.388,88 €
<b>Total</b>							<b>22.029,71 €</b>

Por tanto, el ahorro producido en el año próximo es de:

<b>Ahorro total</b>
<b>41.029,07 €</b>

Este resultado demuestra el sentido de la realización del proyecto, ya que aun sin ser el taladro exclusivo para la línea, (ya que solo alrededor de un 25% del uso es para esta línea), se habría ahorrado el 80% del valor presupuestado del proyecto. Además, teniendo en cuenta que la fabricación de los tubos-sonda se realizará en Tenneco como mínimo durante 5 años menos el presupuesto del proyecto se confirma el aumento de los beneficios en:

<b>Ahorro total (5 años)</b>
<b>153.885,20 €</b>

## 9. Bibliografía

- REINA, M. (1990). *Soldadura de aceros y Aplicaciones*. Madrid, España Ed. Autor.
- SÉFÉRIAN, D. (1981). *Las Soldaduras*. Bilbao, España: ED. Urmo.
- LANCASTER, J.F. (1987). *Metallurgy of welding*. Londres, Inglaterra. Ed. Allen & Unwin.
- GROOVER, M. (1997). *Fundamentos de la manufactura moderna*. Méjico: Ed. Presentice Hall.
- CARLOS FERRER, D. (1999). *Fundamentos de ciencia de los materiales Tomo 1*. Valencia, España: Ed. UPV.
- BAYARRI ROCA, D. (2017). *Análisis y mejora de la eficiencia del proceso de producción del mixer NRM en la planta Tenneco*. Valencia, España: UPV.
- HERNÁNDEZ MATÍAS, J.C.; VIZÁN IDOLPE A. (2013). *Lean manufacturing, conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España: Ed. Escuela de organización industrial.
- CARDONA PEDRO, J. (2015). *Análisis, diagnóstico e implantación de herramientas de producción ajustada en una empresa metalúrgica proveedora de primer nivel del sector del automóvil*. Valencia, España: UPV.
- ESPEJO ALARCÓN M., MOYANO FUENTES J. (2007). *Lean production: estado actual y desafíos futuros de la investigación*. Jaén, España: Ed. Universidad de Jaén.
- MORALES SÁNCHEZ, C. (2017). *Heurísticas simples para la aplicación de métodos ágiles de innovación en las organizaciones*. Colombia. Ed Universidad de la Salle, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
- Martín, J (2018). *¿Cómo resolver problemas?*. Ed. Cerem International Business School.
- TENNECO AUTOMOTIVE IBÉRICA S.A. (2017). *Nuevo proceso de fabricación de válvulas EGR de última generación (LASERVAL)*
- PROGRESA LEAN. (2016). Valencia, España: <http://www.progressalean.com>
- TENNECO INC. (2018). <http://www.tenneco.com>
- LEAN SOLUTIONS. (1999). Bogotá D.C., Colombia <http://www.leansolutions.com>

# Presupuesto

# Índice

1. Necesidad del presupuesto.....	75
2. Contenido del presupuesto.....	75
2.1. Costes personal .....	75
2.2. Material fungible .....	76
2.3 Resumen presupuesto .....	76

## 1. Necesidad del presupuesto

Este proyecto ha sido realizado mayoritariamente con los propios recursos de la empresa, tanto en lo que respecta a coste de personal y a material fungible ya que Tenneco dispone de un gran equipo de ingenieros cualificados, un taller de útiles y un Kaizen team encargado de realizar cualquier herramienta material que sirva para mejorar.

Por otro lado, se ha de decir que el encarecimiento del presupuesto se debe en gran medida a la compra de un taladro automático. Este taladro tiene más usos además de los tubos con sonda, ya que sólo supone un 20% de lo que se taladra en Tenneco. Además, la compra de este taladro ya era una cuestión prioritaria en la empresa, exclusivamente por el tema de la seguridad. Sin embargo, con el comienzo de este proyecto y la necesidad de eliminar las rebabas precipitó su incorporación.

## 2. Contenido del presupuesto

### 2.1. Costes de personal

En este apartado se va a detallar el coste de personal interno de Tenneco según el tiempo dedicado a dicho proyecto. Dado que la realización de este proyecto ha sido principalmente realizada por un futuro ingeniero en prácticas, se ha colocado como coste el sueldo que cobraba siendo este una ayuda económica más que un salario como tal.

Categoría	Coste horario (incluidos S.S.E. indirectos)	Horas aplicadas a dicho proyecto	Coste
Ingeniero en prácticas	9.38€	342	3207.96€
Team support	29.70€	80	2376.00€
Jefe de taller	29.70€	12	356.40€
Team leader	27.70€	35	969.50€
Ingeniero de mejora continua	35.20€	30	1056.00€
Ingeniero de calidad	35.20€	40	1408.00€
		<b>Total</b>	<b>6165.90€</b>

Además de los costes directos debido al sueldo de los trabajadores de Tenneco. Estos trabajadores también ocasionan para la empresa otro tipo de gastos indirectos, como deterioro de equipos informáticos, de herramientas de trabajo como tornos del taller, de oficina técnica, limpieza. Este coste indirecto se establecerá como el 7% de los costes de mano de obra.

<b>Mantenimiento</b>	$7\% \cdot 6165,90\text{€} = 431,61\text{€}$
----------------------	--

## 2.2. Material fungible

En este apartado se suman los costes debidos al material necesitado para la aportación del proyecto. Se puede observar como el taladro supone un gasto del 97% del apartado.

U.M.	Unidad de obra	Cantidad	Precio	Importe
€	Máquina de taladrar	1	43283,45	43283,45
€	Fresa 1000C ( <b>blue-master</b> )	1	397,03	397,03
€	Corona dientes triangulares ( <b>lenox</b> )	1	65,89	65,89
€	Corona XTR ( <b>blue-master</b> )	1	85,73	85,73
€	Arandelas	6	0.05	0.30
€	Motor sonda	2	415,26	830,52
<b>Total (€)</b>				<b>44662,92€</b>

## 2.3. Resumen presupuesto

Concepto	Importe
Mano de obra	6165,90€
Mantenimiento	431,61€
Material	44662,62€
<b>Total</b>	<b>51260,13€</b>

Por tanto, el presupuesto final sin impuestos, ya que ha sido interno de una empresa, será de **cincuenta y un mil doscientos sesenta euros con trece céntimos**.