

# Trabajo Fin de Grado

Cuaderno de cargas para la fabricación de galgas  
aplicado a un tubo soplado

Manufacturing manual for a gagging fixture  
applied on a blowing duct

Autor/es

Javier Alierta Cirisuelo

Director/es

Rebeca Barra García

Un cuaderno de cargas es un documento técnico en el que se recogen todos los elementos necesarios para el proceso del producto. En este caso se elabora un cuaderno de cargas para galgas debido a la necesidad de estandarización de un proceso como es la fabricación de galgas donde entra en juego varios procesos antes de su fabricación e incluso posteriores para su debida utilización.

Se diseña un cuaderno de cargas base que sirva para todos los proyectos en los que se decida fabricar una galga para evitar la problemática que surge al intervenir diversas personas de varios departamentos y elaborar así, un documento para que se haga un trabajo común independientemente quien lo realice.

Para poder implementar este proyecto en Mann+Hummel Ibérica, se ha decidido comenzar con un conjunto flexible compuesto por un tubo soplado como pieza de prueba debido a su complejidad.

Para saber cuándo implementar este documento se diseña un IDEF0 y un diagrama FLOWCHART donde se especifica todos los pasos a seguir, donde interviene cada departamento y que es necesario cumplir en cada parte para dejar estandarizado todo el proceso desde que se decide su necesidad hasta su uso.

Como se puede comprobar, finalmente ha sido útil la aplicación de introducir un cuaderno de cargas para este proceso, se ha reducido el número de reuniones para ponerse de acuerdo en todos los puntos sin que aparezcan problemas ni a mitad ni al final del proceso, se ha conseguido desde un inicio tener en cuenta las especificaciones técnicas que aparecen una vez más avanzado el proyecto y que se pueden corregir, de esta manera, en un tiempo más temprano para generar un menor coste y consiguiendo así un proceso más estable. Otro punto importante es que se ha conseguido mantener el tiempo de cada proceso como se indicó en un inicio, debido a que se pudo tener en cuenta desde un inicio todos los procesos teniendo en cuenta los retrasos que podían aparecer y en qué puntos se dio un tiempo realista y se llegó a tener la galga en el tiempo que se esperaba.



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. Javier Alierta Cirisuelo

con nº de DNI 73006120-A en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
Grado \_\_\_\_\_, (Título del Trabajo)

Cuaderno de cargas para la fabricación de galgas aplicado a un tubo soplado

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 10/04/2017

Fdo: \_\_\_\_\_

## Índice

Lista de Figuras .....	4
Lista de tablas.....	6
1. Introducción .....	7
1.1 Marco .....	7
1.2 Objetivos .....	8
1.3 Metodología .....	8
2. Estado del arte .....	10
3. Metodología para el desarrollo de una galga .....	12
4. Caso técnico .....	17
4.1 Designación .....	17
4.2 Tipo de pieza .....	18
4.3 Galga.....	20
4.4 Puntos de control .....	24
4.5 Fijaciones.....	29
4.6 Alineamiento .....	31
4.7 Timing.....	33
4.8 Puntos de fijación .....	34
4.9 Montaje de pieza en galga .....	38
4.10 Información adicional.....	40
5. Resultados .....	42
6. Conclusión .....	43
7. Bibliografía .....	45
ANEXO 1: Normativa .....	48
ANEXO 2 Alinamiento.....	52
ANEXO 3 Plantilla base .....	60
ANEXO 4 Fijaciones .....	62
ANEXO 5 IDEFO.....	66
ANEXO 6 Informe dimensional .....	73
ANEXO 7 R&R.....	78
ANEXO 8 Plantilla caso técnico.....	89
ANEXO 9 MSA .....	91
ANEXO 10 Instrucción visual de manejo de galgas .....	99

## Lista de Figuras

1Fig. 2.1 Fijadores y controladores .....	11
2Fig. 3.1 Ilustración IDEFO .....	12
3Fig. 3.2 Esquema IDEFO galga .....	13
4 Fig 3.3 Lista de características especiales .....	14
5 Fig. 3.4 Flowchart .....	16
6 Fig. 4.1.1 Designación cuadro resumen .....	17
7 Fig. 4.2.1 Tipos de pieza cuadro resumen .....	18
8 Fig. 4.2.2 Plano 3D conjunto flexible .....	19
9 Fig. 4.3.1 Galga cuadro resumen.....	22
10 Fig. 4.3.2 Galga de control.....	23
11 Fig. 4.4.1 Puntos de control cuadro resumen .....	26
12 Fig. 4.4.2 Puntos de control en la galga.....	27
13 Fig. 4.4.3 Punto 1 de control .....	27
14 Fig. 4.4.4 Punto 2 de control .....	28
15 Fig. 4.4.5 Punto 3 de control .....	28
16 Fig. 4.4.6 Punto 4 de control .....	28
17 Fig. 4.5.1 Fijaciones cuadro resumen .....	29
18 Fig. 4.5.2 Fijaciones en galga .....	30
19 Fig. 4.6.1Alineamiento cuadro resumen .....	31
20 Fig. 4.6.2 Alineamiento de galga en máquina 3D.....	32
21 Fig. 4.7.1 Timing cuadro resumen .....	33
22 Fig. 4.8.1 Datums pieza .....	35
23 Fig. 4.8.2 Especificación de punto de fijación en plano .....	35
24 Fig. 4.8.3 Puntos de fijación cuadro resumen .....	36
25 Fig. 4.8.4 Puntos de fijación pieza montada en galga .....	36
26 Fig. 4.8.5 Punto de fijación 1 .....	36
27 Fig. 4.8.6 Punto de fijación 2 antes y después de fijar .....	37
28 Fig. 4.8.7 Punto de fijación 3 antes y después de fijar .....	37
29 Fig. 4.9.1 Montaje cuadro resumen .....	38
30 Fig. 4.9.2 Zona resonador y zona pipeta en galga .....	39
31 Fig. A1.1 Indicadores .....	50
32 Fig. A1.2 Certificaciones ISO TS16949 por cliente .....	51
33 Fig. A.2.1 Alineamiento geométrico .....	54
34 Fig. A.2.2 Puntos de control método Best fit .....	55
35 Fig. A.2.3 Método Best fit.....	56
36 Fig. A.2.4 Método de 3 centros .....	57
37 Fig. A.4.1 Bridas de fuerza y brida suelta .....	63
38 Fig. A.4.2 Calzos.....	64
39 Fig. A.4.3 Palanca de sujeción .....	64
40 Fig. A.4.4 Brocha.....	65
41 Fig. A.4.5 Sable unidireccional y sable excéntrico .....	65
49 Fig. A5.1 Decisión de fabricación de galga .....	68
50 Fig. A5.2 Cuaderno de cargas .....	69
51 Fig. A5.3 Proceso de diseño .....	70
52 Fig. A5.4 Proceso de fabricación .....	71

53 Fig. A5.5 Validación de la galga .....	72
42 Fig. A.9.1 Linealidad .....	93
43 Fig. A.9.2 Sesgo.....	93
44 Fig. A.9.3 Estabilidad .....	94
45 Fig A.9.4 Repetibilidad.....	94
46 Fig. A.9.5 Reproducibilidad.....	95
47 Fig. A.9.6 GRR .....	95
48 Fig. A.10.1 Cuadro de montaje según referencia .....	100

## Lista de tablas

Tabla 1 Tipo de galga necesaria según pieza .....	19
Tabla 2 A.9 Criterio GRR .....	97

# 1. Introducción

## 1.1 Marco

Un cuaderno de cargas para galgas sirve para acordar cómo será el procedimiento a seguir desde que se decide que nuestras piezas necesitan un control por galga hasta que está validada. Se definirá los procedimientos a seguir para obtener la galga deseada, en qué punto se debe intervenir para que sea efectivo y quién deberá realizarlo.

Dentro del sector de automoción la inspección de las piezas industriales es una fase importante tanto en el proceso de producción de serie como en el desarrollo de piezas nuevas. Esta fase, analizada como método para la evaluación de la calidad, supone la recogida de información sobre la muestra sometida a análisis y su procesamiento para valorar la conformidad de la muestra con sus especificaciones geométricas. En algunos casos particulares basta con un control dimensional, pero cada vez son más las piezas para las cuales, además de la conformidad dimensional, se exige un control de forma, orientación o localización de las distintas características de la pieza en un sistema de referencia haciendo indispensable el control en galga.

Para poder tomar una buena decisión evitando así errores o confusiones, se hace necesario la elaboración de un cuaderno de cargas que sea capaz de poner todos los puntos a tener en cuenta en el proyecto de una forma visual y rápida, un documento que agilice el trabajo, que exponga la importancia de cada parte y cada proceso y poder así elaborar una galga acorde a las especificaciones requeridas.

La elaboración de un cuaderno de cargas para el diseño de galgas es un aspecto esencial para aquellas empresas que utilicen estos medios con asiduidad. En este cuaderno quedan concretadas las características de diseño y fabricación, tanto de tipo general como específicas de cada gama de productos.

Los datos introducidos se definen de forma diferente en función de la naturaleza de la pieza a controlar y el nivel de precisión que esta tenga. No debe olvidarse que un exceso o un defecto de calidad pueden tener una pérdida de competitividad. Ello significa que, como norma general, no deberíamos tener las mismas especificaciones para piezas de chapa, piezas de plástico inyectadas o piezas de plástico sopladas, por lo que en nuestro caso deberíamos diferenciar para qué tipo de pieza vamos a fabricar la galga.



## 1.2 Objetivos

El objetivo principal del proyecto es desarrollar un cuaderno de cargas para estandarizar el proceso basándonos en un conjunto de tubo de aire sucio para Ford, entendiendo como estandarización el proceso de unificación de características para tener establecido el qué necesitamos, cómo debemos implantarlo y cuándo es necesario, con el objetivo de tener un documento que todos puedan utilizar, y en todos casos poder llegar al mismo fin.

Para abordar el cuaderno de cargas ha sido necesario entender el funcionamiento y etapas de un proyecto, como se trabaja con los diferentes clientes según sus especificaciones y aplicar a partir de estas las especificaciones internas, entendiendo siempre la normativa básica (ver Anexo 1) para aplicarlo tanto en las piezas como en las galgas.

A partir de este punto se estudió las partes que componen una galga, su funcionamiento, uso, alineamiento de galgas y estudios necesarios para validarla.

Los resultados de la inspección dependen de la calidad del proceso de alineación (ver Anexo 2) y de poder conseguir una fijación correcta para obtener los valores esperados detallados en los informes y en los estudios realizados.

Otro de los objetivos importantes que se desea conseguir es limitar el número de veces que se valida la galga por no cumplir las expectativas deseadas. Un cuaderno de cargas, para este caso, limita el error que puede producirse tanto por modificaciones de pieza posteriores, estandariza el proceso a seguir para limitar el número de veces que se debe validar una galga y reducir la carga de trabajo innecesaria que se producía.

## 1.3 Metodología

Lo que se ha conseguido es implantar una metodología clara para el seguimiento de fabricación de galgas que antes no existía, mientras iba avanzando el proyecto y se consideraba la necesidad de una galga tanto de medición como de control se decidía fabricar la galga sin tener en cuenta las especificaciones técnicas de cada departamento, por lo que se conseguía con este proceso la necesidad de hacer muchas modificaciones y llevar a confusión en muchos casos. Al estandarizar un documento en el que tienen que intervenir todos los departamentos en una fase tan temprana del proyecto, es posible definir correctamente cada punto y poder llevar un buen proceso. Actualmente el cuaderno de cargas para galgas tendrá una gran utilidad tras el crecimiento de requerimientos que pide cliente, haciendo así un mayor trabajo que se debe controlar.

Para el desarrollo de esta metodología se ha realizado un diagrama IDEF0 para poder desarrollar un FLOWCHART en el que basarnos para aclarar los procesos que debemos seguir y detallada en el tema 3.

Finalmente, la plantilla creada (ver Anexo 3) para hacer el seguimiento se ha resumido en una sola hoja para que sea útil, se debe rellenar imprescindiblemente todos los apartados tras llegar a un acuerdo entre todos los participantes en la reunión siendo el departamento de Calidad el responsable de su seguimiento.

## 2. Estado del arte

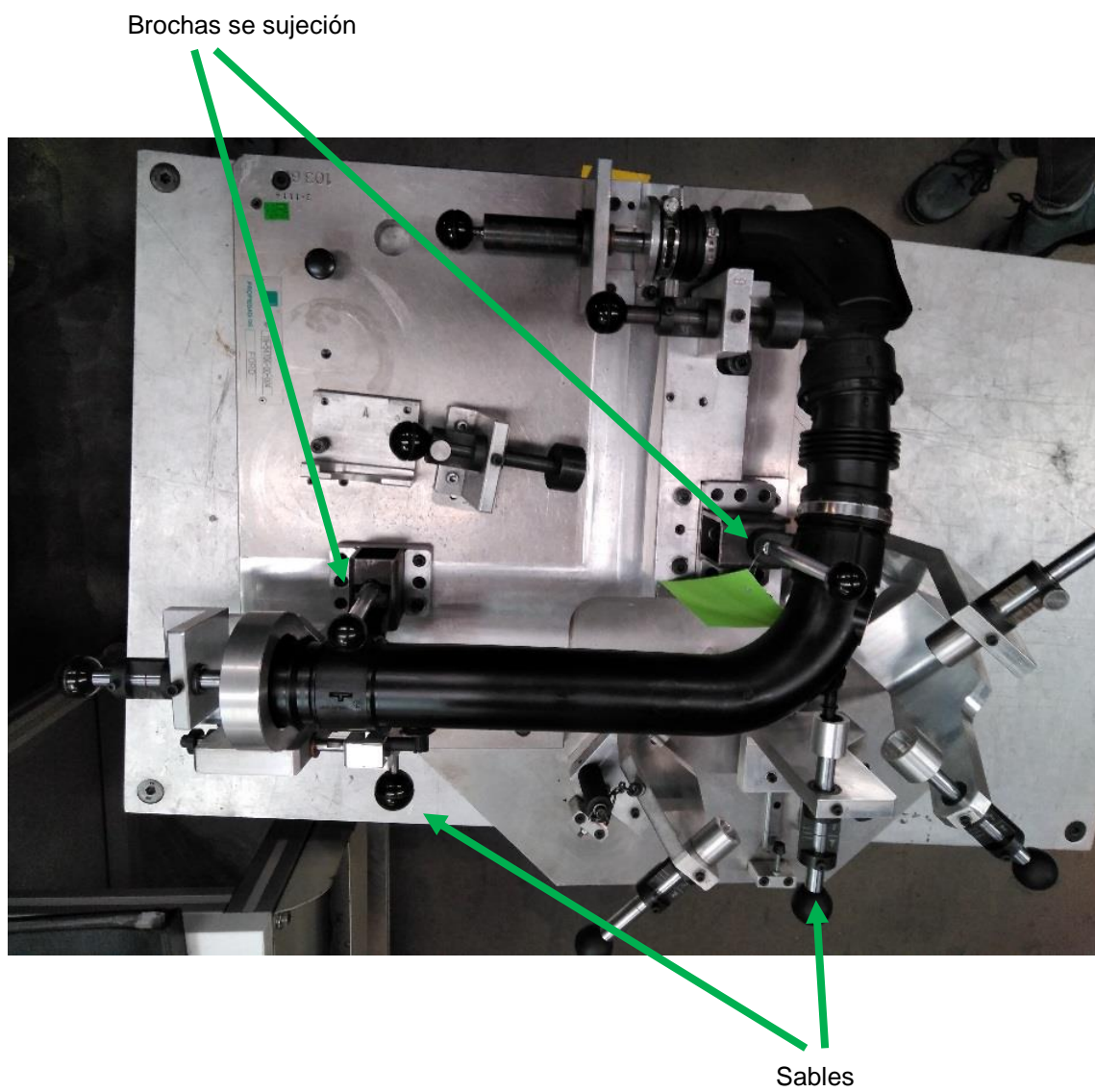
La actividad de fijar la pieza en el campo de trabajo supone sujetarla con útiles dedicados o elementos de fijación de uso general, anulando sus seis grados de libertad de movimiento. La alineación se realiza sobre la pieza fijada, que consiste en definir el sistema de referencia idóneo de la pieza mediante sus características representativas.

Principalmente, una galga sirve, en el momento del lanzamiento de la producción, para evaluar las cotas críticas, y posteriormente, una vez dicha fase de lanzamiento ha terminado, para controlar la capacidad del proceso de producción y asegurar la estabilidad de éste.

De acuerdo con lo anterior, y atendiendo a las dos posibles funcionalidades expuestas, deberemos decidir si el útil en cuestión debe servirnos para ambas funcionalidades o bien centrarnos únicamente en una de ellas. Obviamente, el resultado de esta elección va a suponer diferencias sustanciales en cuanto al diseño y complejidad constructiva de la galga.

Los componentes principales de una galga son la placa base, las asas para transportarla, fijadores y controladores que pueden ir sobre postizos fijados en la placa base. Siempre suelen fabricarse de los mismos materiales exceptuando en algunas ocasiones que se necesita otro material para no dañar la pieza o para poder controlar geometrías difíciles. Los materiales con los que se suele fabricar son aluminio para la placa base y los postizos, nylon para las asas y patas de la placa base, y los fijadores y controladores de un acero F-127. En el apartado 4 donde se explica un caso específico, para el punto de materiales se explica porque se eligen estos materiales.

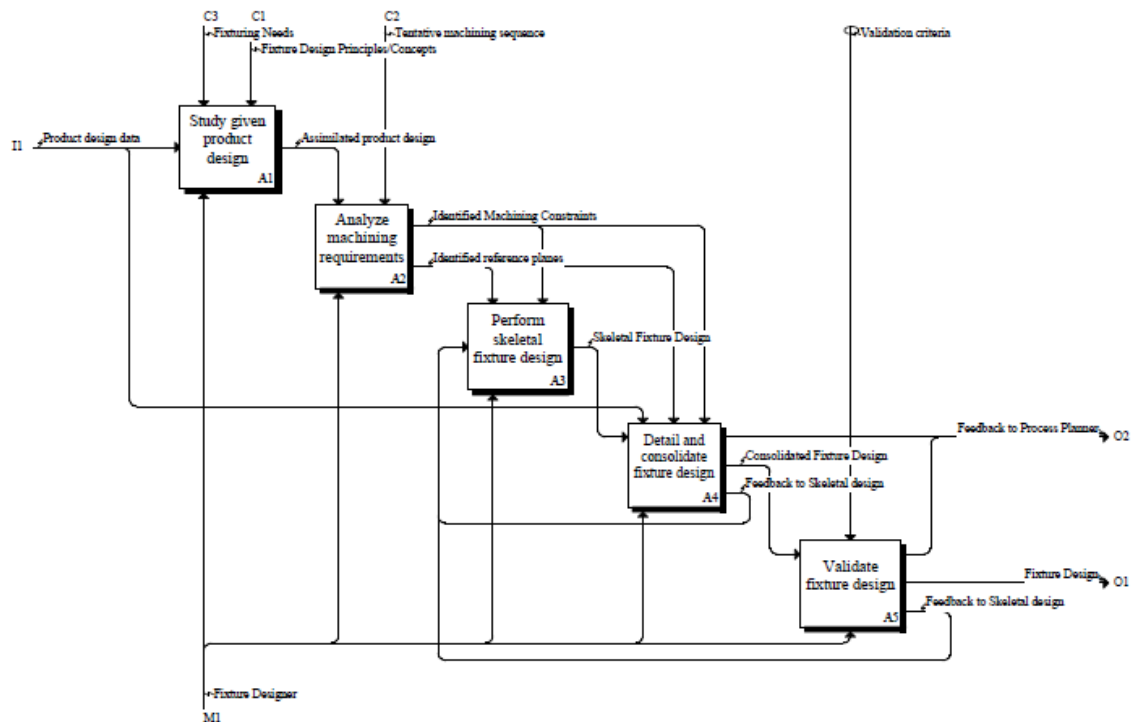
Los fijadores nos fijan la pieza sobre la galga para que esté en su posición nominal y a partir de este punto entran los controladores donde controlaran los puntos concretados con cliente. Tenemos varios tipos de fijadores como las brochas para los casos en que tengamos casquillos o palancas de sujeción, y para los controladores lo más común son sables tanto para las bocas como para las pipetas ( ver Anexo 4).



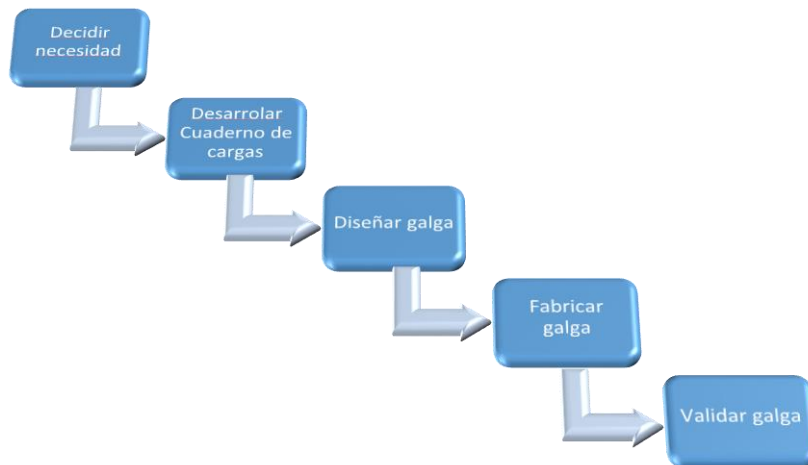
1Fig. 2.1 Fijadores y controladores

### 3. Metodología para el desarrollo de una galga

Para el desarrollo de la galga se diseña en un principio un diagrama IDEF0 ( ver Anexo 5). El diagrama IDEF0 es un método de diseñado para modelar decisiones, acciones y actividades de una organización o sistema. Los modelos efectivos de IDEF0 ayudan a organizar el análisis de un sistema y a promover una buena comunicación. Como herramienta de análisis ayuda al modelador en la identificación de cuáles son las funciones que se llevan a cabo, lo que se necesita para desempeñar esas funciones y lo que el sistema actual hace bien o mal. Este diagrama se llevó a cabo tras una reunión entre todos los departamentos para definir las partes del proyecto y en que partes tiene que involucrarse cada persona.



2Fig. 3.1 Ilustración IDEF0



3Fig. 3.2 Esquema IDEF0 galga

A partir de este diagrama se crea una plantilla FLOWCHART que se utilizará como plantilla de seguimiento. Esta es la representación gráfica del proceso para fabricar galgas que se decide seguir.

Cuando aparece un proyecto nuevo se presenta la duda de si necesitamos una galga, donde si la respuesta es afirmativa pasamos a realizar el cuaderno de cargas para la galga y si no es necesario una galga para este proyecto se pasa al siguiente proyecto.

Al comenzar un proyecto se debe poner en común con cliente los puntos críticos a controlar, y estos podemos encontrarlos en un inicio en la SCCAF (Special Characteristics Communication and Agreement Form) donde todas las características especiales del producto se intenta anticipar a la variación de parámetros donde podría afectar perceptiblemente a la seguridad o la conformidad del producto con estándares o regulaciones gubernamentales, o es probable afectar perceptiblemente la satisfacción de cliente con un producto. Para este caso en concreto al trabajar para Ford Motor Company, divide las características especiales en dos categorías, críticas y significativas.

Las características críticas son definidas por Ford como producto o requisitos del proceso que afectan a la conformidad con la regulación del gobierno o la función segura del producto, y que requieren acciones o controles especiales.

Tras el proceso de realización de una SCCAF con Ford uno de los documentos que hay que realizar de manera interna es el AMFE, donde consideraremos las características críticas

potenciales. Una característica crítica potencial existe para cualquier clasificación de la severidad mayor que o igual a 9. En el proceso AMFE, se refieren como características críticas reales.

Cualquiera característica con una severidad de 9 o 10 que requiera un control especial para asegurar la detección, es una característica crítica. Los ejemplos del producto o de los requisitos del proceso que podrían ser características críticas incluyen dimensiones, especificaciones, pruebas, secuencias de ensamblaje, los útiles, los empalmes, los esfuerzos de torsión, las autógenas, las conexiones, y los usos componentes.

Además de esta información que tiene que ser imprescindible podemos obtener un cuaderno de cargas genérico o incluso pueden facilitarnos un cuaderno de cargas específico para cada uno de los controles concretos. El cuaderno de cargas específico indicará que sistema de control se necesitará para la verificación de una pieza dada, según las indicaciones suministradas por el cliente final.

Otro documento interno es realiza la lista de características especiales, en la cual definimos los puntos que son más importantes para nosotros y los que debemos aplicar unos controles más exhaustivos. En ella se especifica los puntos que se definen tanto en el AMFE de proceso como en AMFE de producto para diferenciarlos también como se definen en interno y con cliente.

CARACTERISTICA		VALOR	Denominación Pieza	AZ/WZ	MH	Cliente	MH	Cliente	PTC	METODO DE CONTROL DE PROCESO
11 133 32 S04 ( Conjunto total)										
Diámetro interno junta conexión Turbo		Ø 41,7 ±0,5	conjunto	AZ	F	YS	F		SI	Control frecuencial en recepción de materiales. Control 100% P/NP en proveedor (a diámetro 40,7mm) + PPK en muestras iniciales
Diámetro exterior tubo Común conexión a tubo flexible		Ø 60 +0,8/-0,3	conjunto	AZ	F	YS	F		SC	Muestreo P/NP al arranque más 2 veces por turno, 100% montaje casquillo
Diámetro exterior pipeta Fuel Purge (a 5,76)		Ø 9,49±0,06	conjunto	AZ	F	YS	F		SC	SI Control frecuencial en recepción de materiales Proveedor: SPC en serie + PPK muestras (frec 2h)
Diámetro exterior pipeta Vacuum (EVRV - Lower Spigot)		Ø 10±0,2	conjunto	AZ	F	YS	F		SC	SI Control frecuencial en recepción de materiales Proveedor: SPC en serie + PPK muestras (frec 4h)
Par de apriete de atornillado abrazaderas		3,2 N.m +/-0,5	conjunto	AZ	F	YS	F		SC	Control 100% en máquina de atornillado
Resistencia a la tracción de soldaduras		Según especificación FORD ESR33-9R504-AA sección 3.12 (tracción >400N)	Conjunto	WZ	F	YS	○			Según pauta de control. Ppk inicial.
Estanqueidad		VA 65 272 (20mb --> 35cc/min)	conjunto	AZ	F	YS	F		SC	Control 100%
Posición entre origen (datum A y B) y puntos B,D,E		PTOS D,E: ØØ8/A/B/C-D;PTOS B: ØØ6/A/B/C-D	Conjunto	AZ	F		○			Muestreo con galga de control
Correcto Montaje de componentes			Conjunto	AZ	F					Control 100% c/máquina de verificación + detectores
Limpieza		Según especificación FORD ESR33-9R504-AA sección 3.13	Conjunto	WZ	F		○			Muestreo IP-Testing

4 Fig 3.3 Lista de características especiales

Además de estos documentos, para decidir la necesidad de una galga se ha estudiado para comprender los requisitos las normas ISO 10579:2010 sobre especificaciones de piezas no rígidas y la norma ISO/TS 16949 de sistemas de gestión de la calidad.

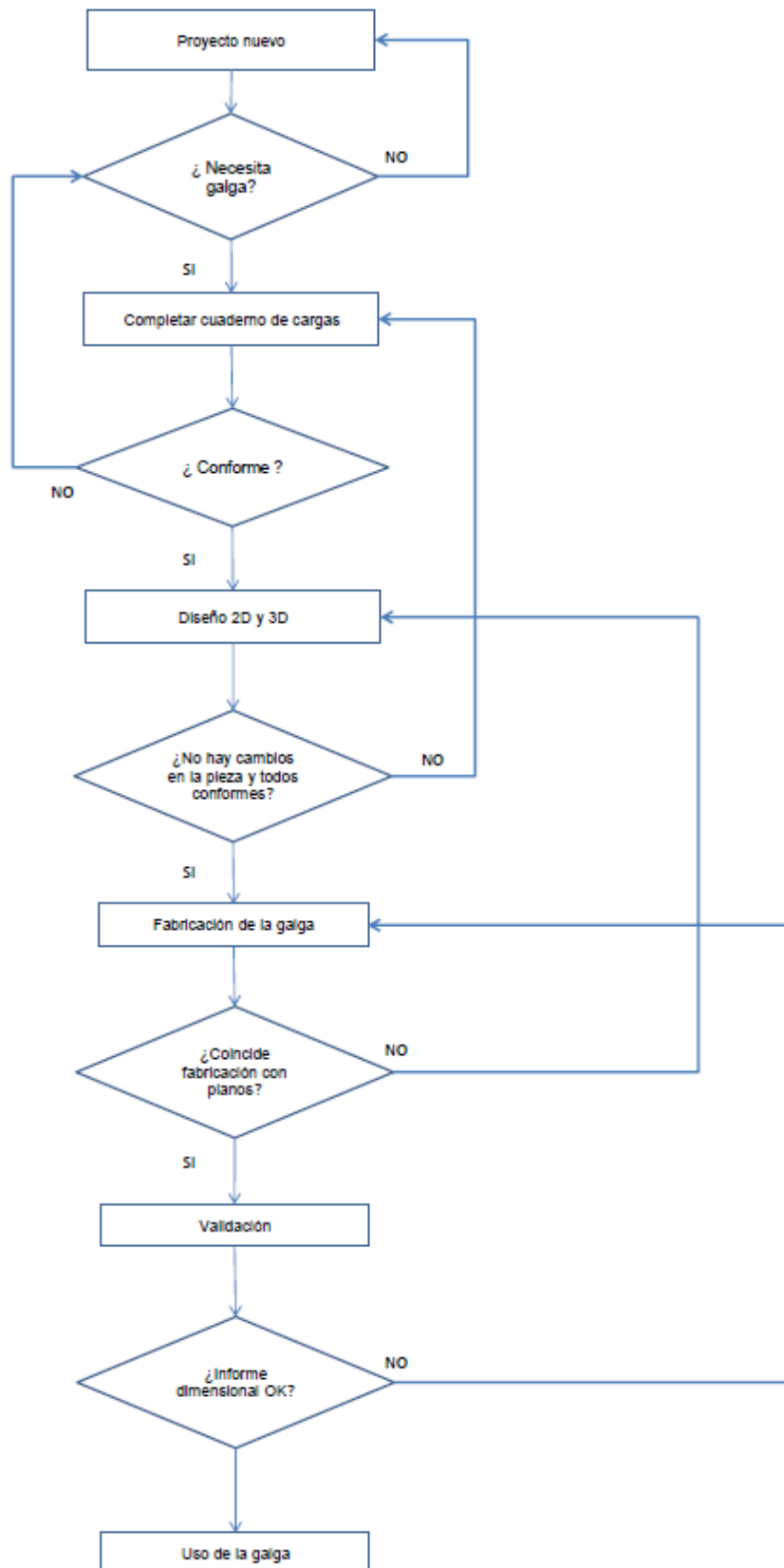
Formalizado el cuaderno de cargas tras una reunión conjunta por los departamentos de Calidad, Procesos, Metrología e Ingeniería de producto, deben firmar todos los componentes el archivo como conformidad para poder seguir con el proceso. Para el caso en que no se llegue a un acuerdo se debe volver a plantear si es necesario una galga, o en su defecto, como puede ocurrir a veces se hace imprescindible una modificación en plano para poder controlar la pieza en galga.

Una vez realizado el cuaderno de cargas el departamento de Procesos podrá basarse en este documento para diseñar el plano 2D y 3D de la galga para que una vez realizados se debería aceptar el diseño por las mismas partes involucradas en el cuaderno de cargas para comprobar que se conseguirá lo que realmente se acordó.

Antes de comenzar la fabricación se comprobará que no hay cambios durante el tiempo de diseño, en caso de ser así, primero comprobar que las modificaciones puedan afectar a la galga y los planos 2D y 3D se deberían corregir con las nuevas modificaciones.

Para fabricar la galga se pasa al proceso de validación mediante un informe dimensional (ver Anexo 6) y un estudio R&R (ver Anexo 7) para comprobar que la galga está fabricada con las especificaciones pedidas y tiene una funcionalidad deseada, aunque en el caso que tengamos algunas cotas fuera o el informe R&R de unos valores no aptos, se debe llevar la galga a fabricación para que hagan las modificaciones pertinentes, lo que llevará a tener que volver a validar la galga.





5 Fig. 3.4 Flowchart

## 4. Caso técnico

Para entender el proceso se ha realizado un caso técnico desarrollando todo el proceso detallado rellorando la plantilla base ( ver Anexo 8).


### 4.1 Designación

Se procederá a fabricar una galga para la pieza **FOR1212-03** a la cual le corresponde la referencia interna con numeración **1113332SXX** y una referencia de cliente con numeración **F1F1-6C784-A\***.

El equipo que va a realizar el proyecto de la galga está compuesto por:

- () ingeniero/a de producto
- () ingeniero/a de procesos
- () ingeniero/a metrólogo
- () ingeniero/a de calidad

Las cotas tomadas para basarnos sobre el plano de la galga están tomadas sobre el plano de la pieza con índice **01**, el cual está **liberado** para una revisión hecha el día **22/12/2016**.

1.Designación
Pieza: FOR 1212-03
Operación: Control en galga
Referencia: 1113332S06
Ref. Cliente: F1F1-6C784-A*
Tipo de plano: AZ
Índice de plano: 01 liberado 
Fecha revisión plano: 22/01/2017

6 Fig. 4.1.1 Designación cuadro resumen

Se crea un diagrama en el que especificamos todas las partes del proyecto desde su decisión hasta su mantenimiento para poder definir los departamentos que tienen que intervenir en cada decisión. Es obligatorio que todos los departamentos involucrados estén presentes en cada uno de los procesos que tienen que intervenir para tener en cuenta las necesidades de cada departamento.

## 4.2 Tipo de pieza

Es necesario saber qué tipo de pieza necesitamos controlar, ya sea pieza final o semielaborado, dependiendo del tipo de piezas por el que estén compuestos tendremos que decidir el tipo de galga que vamos a necesitar.

En este caso tenemos una referencia de pieza final que se compone de:

- **Conjunto flexible**

Para tomar la decisión sobre qué tipo de galga necesitamos, es necesario marcar los tipos de piezas que componen nuestro conjunto o semielaborado que vamos a controlar.

2.Tipos de piezas
<input type="checkbox"/> Fuelle (Phi)
<input type="checkbox"/> Fuelle + abrazadera
<input type="checkbox"/> Fuelle + abrazadera + pipetas
<input checked="" type="checkbox"/> Conjuntos flexibles
<input type="checkbox"/> Tubos soplados (rígidos)
<input type="checkbox"/> Tubos soplados (fuelles)
<input type="checkbox"/> Semielaborados soplado
<input type="checkbox"/> Tapas
<input type="checkbox"/> Cuerpos
<input type="checkbox"/> Conjunto filtro
<input type="checkbox"/> Adaptadores MAF
<input type="checkbox"/> Otros

7 Fig. 4.2.1 Tipos de pieza cuadro resumen

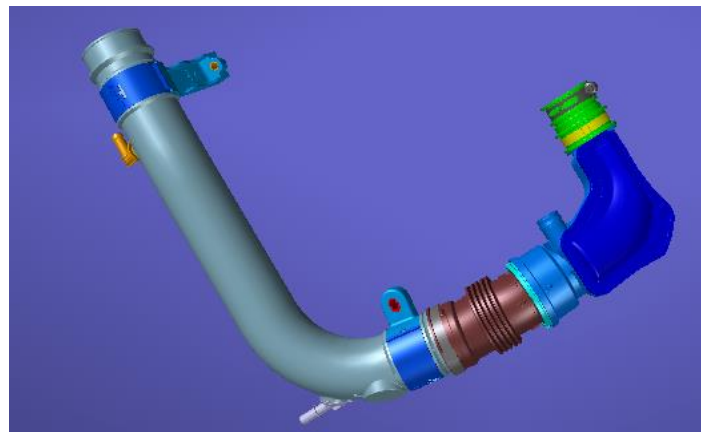
Esta tabla está basada en un estudio inicial sobre las piezas que deberían necesitar galgas de control, galgas de medición, ambas o con alguna restricción en algún caso en concreto que deberemos definir en el proyecto.

Tipos de piezas	Medición	Control
Fuelles (Phi)	SI	NO
Fuelle + abrazadera	SI	NO
Fuelle + abrazadera + pipetas	SI	SI
Conjuntos flexibles	SI	SI
Tubos sopladados (rígidos)	SI*	En pieza final
Tubos sopladados (fuelles)	SI	En pieza final
Semielaborados soplado	SI*	En pieza final**
Tapas	SI*	En pieza final
Cuerpos	SI*	En pieza final
Conjunto filtro	SI	SI
Adaptadores MAF	NO	NO

*Tabla 1 Tipo de galga necesaria según pieza*

\* Si lo requiere plano.

\*\* Si por las características de la pieza se requiere lanzar una galga de control de semielaborado.



*8 Fig. 4.2.2 Plano 3D conjunto flexible*

### 4.3 Galga

Una galga además de posicionamiento y centraje de las piezas, incluyen controles manuales por atributos o por variables teniendo en cuenta en todo momento que la función principal es controlar la posición. Es necesario especificar el tipo de control que se aplicará sobre la pieza y qué tipo de elemento se utilizará. En este caso será utilizado un control por **atributos** que controla las características de calidad que no se miden en una escala continua o en una escala cuantitativa, para ello, cada unidad del producto puede juzgarse como conforme o disconforme en base a si posee o no ciertos atributos, o puede contarse en número de disconformidades (defectos) que aparecen en una unidad de producto. Para el caso en el que necesitemos por alguna razón introducir en la galga un reloj comparador, dinamómetros u otros elementos por variables, marcaremos su casilla correspondiente teniendo en cuenta que una galga siempre será un control por atributos pudiendo añadir o no algún control por variables.

Los gráficos de control por atributos constituyen la herramienta esencial utilizada para controlar características de calidad con sólo dos situaciones posibles, como por ejemplo: conforme/ disconforme, funciona/ no funciona, defectuoso/ no defectuoso, etc. También en algunas ocasiones se tratan características por variables como atributos, en el caso de que sólo se consideren si se cumple o no las especificaciones de calidad sin importar cuál es el valor concreto de dicha variable. Las especificaciones de calidad son la medida deseada de las características de la calidad en un producto. Las características de calidad se evalúan con respecto a estas especificaciones. Para el uso de estos gráficos se ha tenido en cuenta consideraciones como la necesidad de tomar muestras de tamaño grande para obtener la información significativa, son aplicables a procesos que presentan cantidades considerables de disconformidades, no avisan de cambios adversos en el parámetro que queremos controlar con el proceso hasta que se ha registrado un mayor número de defectos, la verificación puede estar influida por subjetividades de las personas que evalúan la muestra, aunque si se utilizan estos gráficos aseguramos la recogida de información de rápida y poco costosa, es aplicable a cualquier tipo de característica y permiten identificar las causas especiales de variación que afectan al proceso cuando los valores representados en la gráfica se salen de los límites de control especificados, es decir, cuando el proceso está fuera de control.

Las galgas sirven tanto para medición como para control. A la hora de fabricación hay que tener en cuenta para que servirá nuestra galga, si la vamos a utilizar para medir la pieza en galga, es decir de medición, hay que tener en cuenta cómo será el proceso de medida y si seremos capaces de poder medir la pieza introducida en la galga según sea su diseño. Las galgas de medición son básicas en las piezas de goma debido que para realizar un informe dimensional de estas piezas necesitamos tenerla en galga para poder medirla. En cambio, si la galga es de control, solo será necesario pensar en cómo deberemos montar la pieza para que pueda

controlarse todos los puntos necesarios, es decir, todos aquellos puntos que se acuerdan con cliente que son necesarios controlar.

En algunas ocasiones podemos fabricar galgas que nos sirvan para los dos tipos, pudiendo así tener una galga de medición y poder utilizarla en el montaje como galga de control. La diferencia en la fabricación de una galga de control y una de medición radica en que la galga de medición solo aplicamos la teoría de máximo material para fijar la pieza en los puntos que nos marca en plano, y para la galga de control es necesario aplicar también las tolerancias de posición, para poder simular así el movimiento que van a tener las piezas en vehículo, por lo que en los planos nuevos siempre nos vamos a encontrar tolerancias de posición en los puntos de fijación. Para esta pieza se ha decidido fabricar una galga de **Control**.

Se deberá indicar si es necesario quitar partes de la pieza debido a que en plano aparece sin piezas como grommets, casquillos etc... y a la hora de fabricar una galga se debe tener en cuenta para especificar si se debe montar la pieza en galga sin estas partes, si va a ser posible quitarlas o si se decide controlar la pieza con todos sus componentes. El problema en este punto surge tras discutir la factibilidad que tiene pasar las piezas sin estos elementos por galga, debido a que si necesitamos un control de montaje que simule el vehículo donde llevarán estos elementos, se debería realizar siempre que se pueda con el conjunto completo. **En este caso se controla la pieza con todos sus componentes, no se requiere la necesidad de eliminar ninguna de las partes.**

Por último, se debe definir qué tipo de material vamos a utilizar, es decir, si con un material genérico para la galga es suficiente porque no hay partes que necesiten otro material con otras propiedades específicas generalmente para no dañar la pieza, o es necesario aplicarlo y en que partes se debe aplicar.

Utilizaremos materiales genéricos de fabricación de galgas, en los que entra el aluminio anodizado como componente principal de las galgas, tanto para la base como para los postizos principales. Se utiliza este tipo de material para protegerse de la acción de los agentes atmosféricos, se recubre de forma natural de una delgada película de óxido, esta capa de  $Al_2O_3$  tiene un espesor más o menos regular del orden de 0,01 micras sobre el metal recientemente decapado y puede llegar a 0,2 o 0,4 micras sobre el metal que haya permanecido un horno recocido. Este aluminio, aunque sea un material algo más caro, se utiliza debido a su velocidad de trabajo y acabado final más preciso.

El proceso de anodizado permite formar capas en las que el espesor puede de hasta 100 micras para procesos de endurecimiento superficial.

Las patas, las asas y los mangos se fabrican en Nylon por su dureza y tenacidad, ideal para este tipo de desgaste.

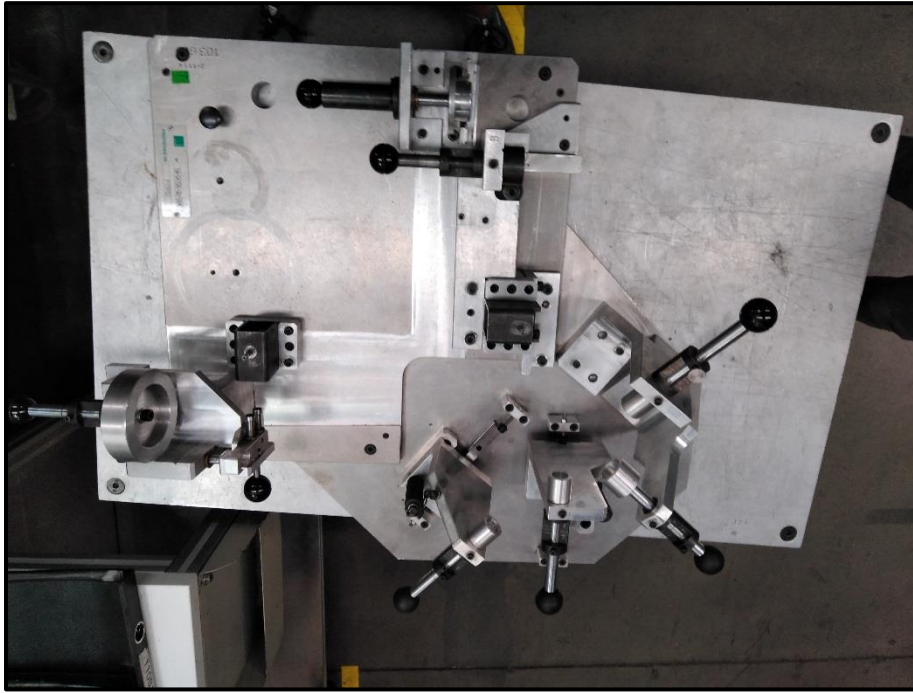
Todos los posicionadores o aprietes que se utilizan en la galga se utiliza un acero F-127, un acero que pertenece a la familia de los aceros especiales compuesto por Cromo, Níquel y Molibdeno de hasta 120 Kg/mm<sup>2</sup> para piezas de gran resistencia y buena tenacidad, material utilizado para mecanizados por lo que nos permite una fácil modificación de su geometría si es necesario, además de realizar un moleteado en la zona de agarre de las brochas.

La placa base se fabrica de un acero rectificado debido a su gran precisión dimensional y menores rugosidades en el mecanizado, lo que será bueno para realizar los casquillos sobre la placa y así poder alinear.

Para aquellos casos en los que se necesite algún material específico debido al desgaste, que pueda producir marcas en la pieza o se necesite controlar de otra forma se debe especificar en el cuadro de material específico.

3. Galga		
Tipo de control	<input checked="" type="checkbox"/> Atributos (Pasa/No pasa...)	<input type="checkbox"/> Variables ( reloj comparador, dinamómetro...)
Tipo de galga	<input checked="" type="checkbox"/> Control	<input checked="" type="checkbox"/> Medición
Quitar partes de la pieza (grommets...)	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No
Material	<input checked="" type="checkbox"/> Genérico Placa y postizos: Aluminio Patas: Nylon Posicionadores: Acero F-127 Placa base: Acero rectificado	<input type="checkbox"/> Específico

9 Fig. 4.3.1 Galga cuadro resumen



10 Fig. 4.3.2 Galga de control



#### 4.4 Puntos de control

Los puntos de control nos aparecen tanto en el documento de Special Characteristic Communication and Agreement Form (SSCAF), documento necesario para trabajar con FORD, además de las listas de características especiales (LCE) a nivel interno.

Los controles que se deben hacer por galga son las conexiones con cliente, es decir en nuestro tubo hay que controlar las pipetas y la boca tras fijar la pieza en los datum que hay en el plano.

Según la SSCAF, los puntos a controlar en la galga concretados con cliente son:

1. Posición relativa entre bocas, necesita un control en el ensamblaje para garantizar la correcta posición. Se acuerda una revisión con galga de 1 pieza por turno. Lo que mide es la posición relativa entre bocas y ver que no hay desviaciones y pueda entra en galga sin complicación.

2. Longitud del tubo, donde la galga debe garantizar la correcta posición ya que al ser un tubo soplado con un giro no se puede medir la longitud total del tubo y se hace necesario así el posicionamiento en galga.

3. Alineamiento de la articulación giratoria y la unión soldada con tolerancia de  $\pm 1^\circ$ , donde se hace necesario una galga para asegurar la correcta posición.

4. Tubo de acoplamiento a vehículo, es necesario controlar las conexiones a vehículo para garantizar su correcta montabilidad. En este punto es necesario controlar las pipetas de la pieza, para verificar su correcta posición se controlan con sables los cuales controlan el diámetro exterior. Para una mayor exactitud en la fabricación de una galga se decide asignar el valor final en la hoja resumen introduciendo los valores de las coordenadas de la pipeta para saber en todo momento de cual estamos hablando, seguido del diámetro exterior de la pipeta para el que queremos controlar junto con su tolerancia para acabar calculando el valor final del diámetro interior que deberá tener el sable de control que llevaremos a nuestra pipeta.

Para desarrollar una lista de características especiales de proceso y producto, el equipo debe asegurarse de que el listado preliminar de características especiales seleccionadas en esta etapa sea el resultado del análisis desarrollado de las sugerencias pertenecientes a las necesidades y expectativas de los clientes. El equipo de planificación de calidad del producto debe considerar todos los factores de diseño en el proceso y etapa de verificación, aunque el diseño haya sido

compartido o aceptado por el cliente. Las etapas incluyen la construcción del prototipo para verificar que el producto cumple con los objetivos de cliente. Un diseño factible debe permitir cumplir con los programas y volúmenes de producción, y ser consistentes con la habilidad para cumplir con los requerimientos. Además, debemos realizar un AMFE de diseño donde se asegura la probabilidad de fallo, así como el efecto de este. La preparación de los AMFE de diseño da al equipo la oportunidad de revisar previamente las características seleccionadas del proceso y producto y hace necesario las adiciones, cambios y eliminaciones.

A la hora de fabricar controles tanto para las pipetas como para las bocas, debemos aplicar la teoría de máximo material, la cual explica que, la pieza contiene la máxima cantidad de material que permite la tolerancia considerada, garantizando el montaje de dos piezas, así como abaratar la fabricación y el proceso de verificación. Además de aplicar el máximo material se debería la tolerancia de posición cuando aplique. Esta tolerancia de posición puede controlarse de dos maneras distintas, añadiendo esa tolerancia al diámetro final de control para hacer un sable que se mueva en un solo eje, o tras aplicar el máximo material a la dimensión de la pieza se fabrica un vástago excéntrico, el cual tiene un movimiento igual al valor de la tolerancia de posición por el que se puede mover para controlar esa posición.

Cuando tenemos otras geometrías que no sean redondas, como puede ser una elipse, la forma más común de controlarlas, o por lo menos la más sencilla, es utilizar un metacrilato que llevaremos sobre la superficie a controlar con la medida marcada sobre ella, al ser este material transparente se puede ver si entra dentro de la tolerancia aplicada a esta geometría.

En aquellos casos en los que uno o los dos elementos no alcanzan dimensionalmente su medida de máximo material, la condición de máximo material para el agujero es el menor agujero posible, y para un eje es el mayor posible.

Se hace indispensable distinguir en este punto la diferencia que tenemos al controlar piezas plásticas y piezas de goma. Mientras que las piezas plásticas se fijan los puntos aplicando la teoría de máximo material junto con sus tolerancias, las piezas de goma debemos saber que en el punto de origen no aplicamos ninguna tolerancia, se agarran al postizo mediante las olivas o bordones que tienen en la boca, y en la boca que vamos a controlar añadimos la tolerancia para obtener el máximo material, sin añadir tolerancias de posición.

En estos casos la galga nos sirve para llevar la pieza a su posición nominal y a partir de este punto controlar los puntos necesarios o también para poder medir, es decir, para fabricar una galga de medición permitiéndonos medir la pieza en su posición nominal.

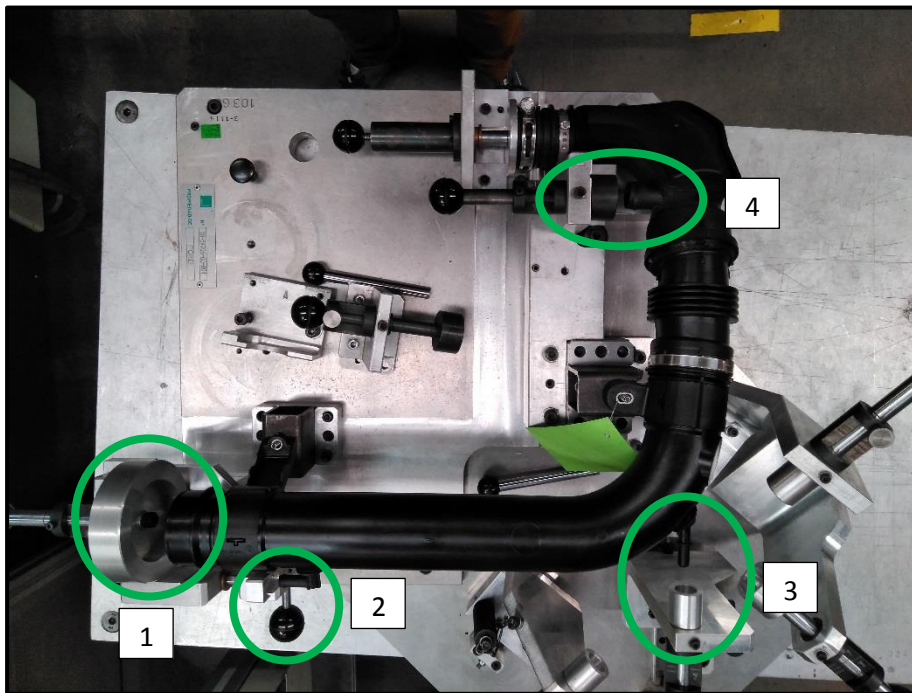
4. Puntos de control						
1. Pipetas. Medida (x,y,z) del punto de origen hasta el centro de la pipeta.						
	X	Y	Z	Øext. Pipeta	tol.posición	Øcontrol
B	65,9mm	70,1mm	91,9mm	24,5±0,1	⊕   Ø6   A   B   C - D	30,60mm ±0,05mm
D	374mm	116,7mm	137,2mm	9,49±0,06	⊕   Ø8   A   B   C - D	17,55mm±0,05mm
E	385,6	112,5mm	201,9mm	11,2 +0/-0,25	⊕   Ø8   A   B   C - D	19,2mm±0,05mm
2. Boca. Fijar Pt.						
	X	Y	Z	Øext./int.Boca	tol.posición	Øcontrol
G	340,3mm	109,7mm	279,8mm	60+0,8/-0,3	⊕   Ø6   A   B   C - D	66,88mm±0,05mm
B						
C						

11 Fig. 4.4.1 Puntos de control cuadro resumen

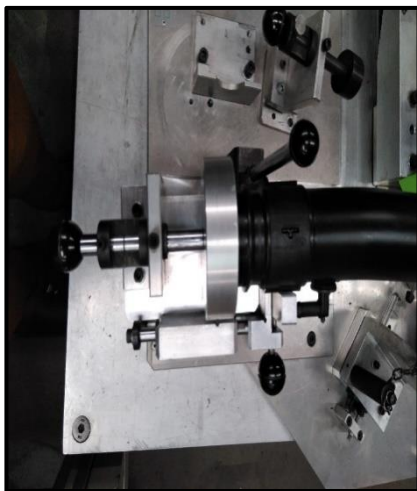
La medida final de control para el sable de la galga se calcula a partir de la medida nominal de la pipeta más su tolerancia para aplicar el máximo material, además de la suma de la tolerancia de posición para darnos la medida de control.

La tolerancia genérica de 0,05mm sobre la medida final de nuestro aparato de control es debido a especificación técnica de fabricación por parte de matricería, es la tolerancia mínima que podemos pedir para conseguir nuestra máxima precisión, por debajo de esta tolerancia no es posible verificar que se fabrica con esa medida, a partir de esta medida aplicaremos una tolerancia superior aproximando siempre a la suma de 0,05mm.

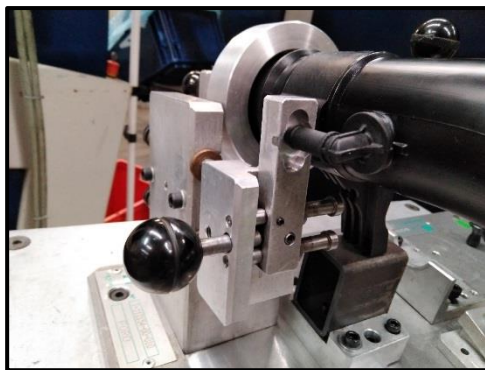
$$\begin{array}{ccccccc}
 9,49 & + & 0,06 & + & 8 & = & 15,55\text{mm} \pm 0,05\text{mm} \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 & & \text{Tolerancia} & & & & \text{Tol. Genérica} \\
 & & & & \downarrow & & \\
 \text{Medida nominal} & & \text{Tol. Posición} & & & & 
 \end{array}$$



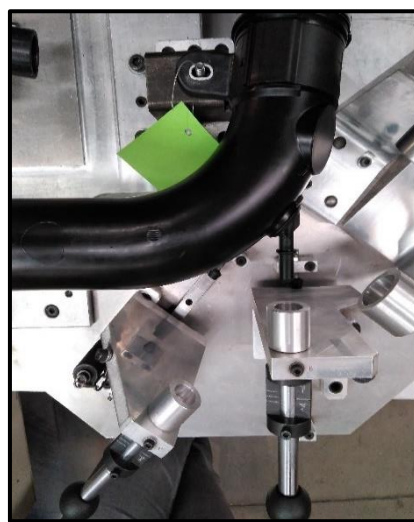
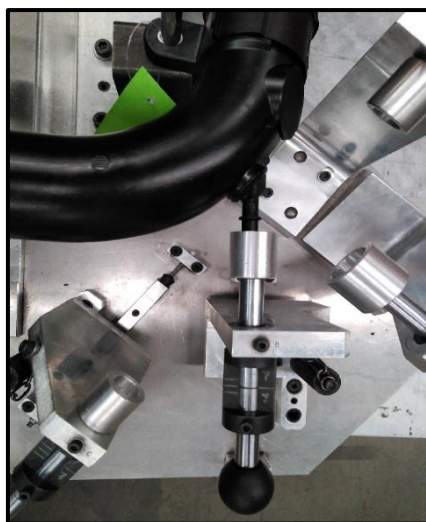
12 Fig. 4.4.2 Puntos de control en la galga



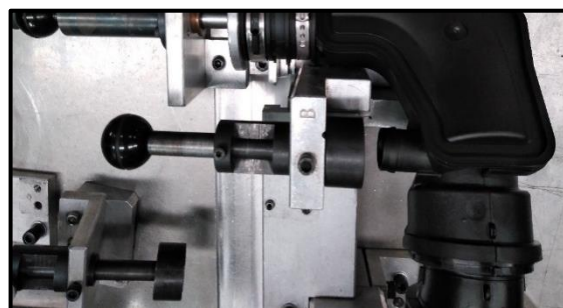
13 Fig. 4.4.3 Punto 1 de control



14 Fig. 4.4.4 Punto 2 de control



15 Fig. 4.4.5 Punto 3 de control



16 Fig. 4.4.6 Punto 4 de control

## 4.5 Fijaciones

La manera de sujetar la pieza en la galga se hace mediante fijaciones, unas fijaciones que se deben tener en cuenta varios aspectos, como son los de poder eliminar los grados de libertad de la pieza con un buen agarre, tener en cuenta que a la hora de medir la pieza en galga es necesario llegar a sitios con el palpador de la máquina de medición por coordenadas (MMC) que no debería eliminar ninguna de estas fijaciones y facilitar una montabilidad fácil y rápida para trabajar sin problemas.

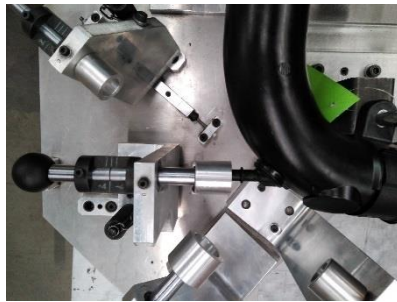
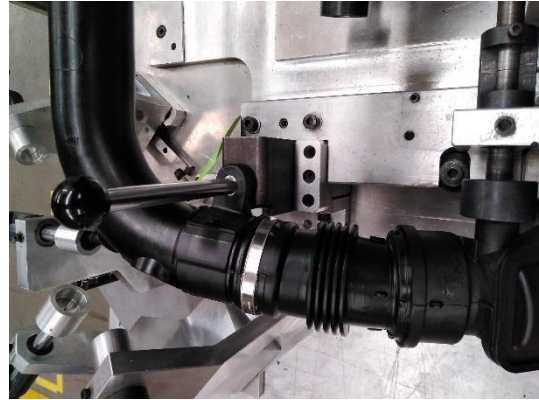
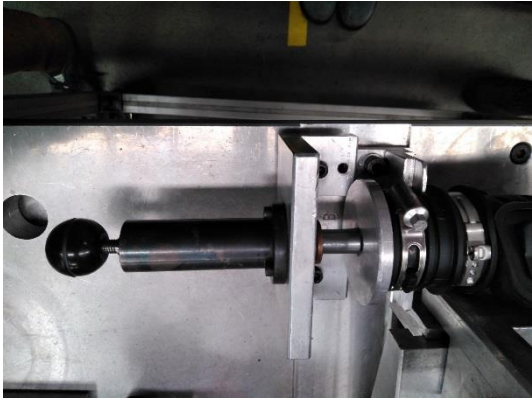
Los puntos donde se van a poner fijaciones son:

- **Pt.A**                      **Sable con muelle fijador**
- **Pt.C**                      **Tornillo de fijación**
- **Pt.F**                      **Tornillo de fijación**
- **Pipeta B**                **Sable**
- **Pipeta D**                **Sable**
- **Pipeta E**                **Sable**

La diferencia entre los puntos y las pipetas es que para los puntos tienes que llevarlos a su posición conforme sea el montaje en vehículo y luego sujetarlos con el elemento que se haya decidido, y para las pipetas se controlan una vez colocada la pieza y eliminados todos los grados de libertad, se procede a controlarlas, normalmente con sables para las pipetas, y poder así verificar si la pieza es buena o mala.

5.Fijaciones	
Pt.A	Sable con muelle fijador
Pt.C	Tornillo de fijación
Pt.F	Tornillo de fijación
Pipeta A	Sable
Pipeta B	Sable
Pipeta C	Sable

17 Fig. 4.5.1 Fijaciones cuadro resumen



18 Fig. 4.5.2 Fijaciones en galga



## 4.6 Alineamiento

Se debería realizar un alineamiento similar a plano para tener una medición con respecto a las especificaciones que se han puesto en la pieza.

Depende de las situaciones podemos encontrarnos con algunos inconvenientes por los que nos obliga a realizar otro tipo de alineamiento distinto al del plano, no por ello significa que va a ser un alineamiento peor, pero si facilita el trabajo.

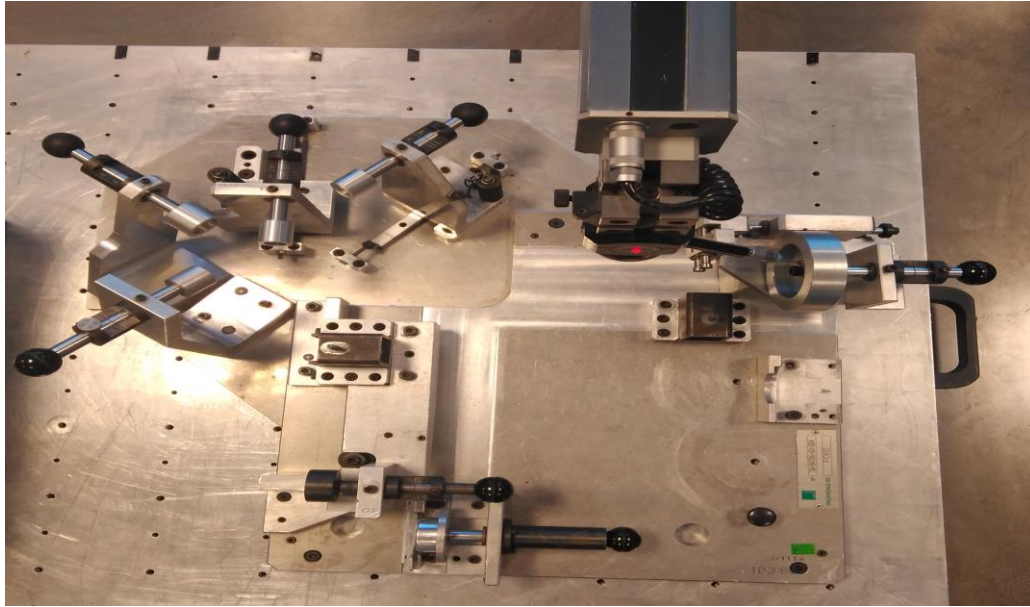
Dentro de los tipos de los alineamientos nos podemos encontrar el geométrico, Best fit, Datum y RPS. Debido a que las piezas están alineadas por Datum sería la alineación más adecuada para todas estas galgas, pero es bueno poder contar con otros tipos para casos especiales.

**En este caso, la galga estaba fabricada y se decidió añadir una parte para minimizar el trabajo y poder reutilizar una galga que estaba fabricada. Esto es debido a que la pieza a controlar es la modificación de otra más antigua pero con pequeñas modificaciones, las cuales son las que se modifican en la galga para que sean controladas, por lo que en este caso se decide realizar un alineamiento por Best fit.**

6.Alineamiento	
Específico	
<input type="checkbox"/>	Geométrico
<input checked="" type="checkbox"/>	Best fit
<input type="checkbox"/>	Datum
<input type="checkbox"/>	RPS

19 Fig. 4.6.1Alineamiento cuadro resumen





20 Fig. 4.6.2 Alineamiento de galga en máquina 3D

## 4.7 Timing

Los fabricantes y proveedores de equipos y componentes de automoción compiten en un entorno innovador y con elevados estándares de calidad, marcado por la exigencia en plazos y optimización de costes. Estos equipos y componentes deben ser validados cumpliendo con los estándares sectoriales además de los propios de cada fabricante final.

Para calcular el tiempo que es necesario y conocer la urgencia con la que se deben fabricar las galgas de cada proyecto se debe estimar o calcular el plazo de fabricación conforme al inicio del proyecto y del tiempo estimado que tenemos.

Si se decide sacar la fabricación de una galga a otra empresa es necesario rellenar la casilla de fecha de recepción para que se sepa qué día límite se tiene para decidir qué urgencia tiene cada proyecto.

Como es de fabricación y uso interno **no es necesario** rellenar la fecha de recepción, pero tenemos una fecha de inicio de proyecto de **12/12/2016** con un plazo de fabricación hasta el **10/02/2017**.

7.Timing
Inicio proyecto: 12/12/2016
Plazo fabricación:10/02/2017
Fecha de recepción:10/02/2017

21 Fig. 4.7.1 Timing cuadro resumen

## 4.8 Puntos de fijación

Un datum es un punto, una línea, un eje o plano teóricamente exacto que indica la relación dimensional entre una figura controlada por tolerancias y una figura de la pieza señalada como un datum, que sirve como figura de datum mientras que su contraparte ideal (el dispositivo medidor o calibrador) establece el eje o plano de datum. Por razones prácticas se supone que existe un datum y se simula con un dispositivo de inspección o fabricación como mesas o placas planas, mandriles o superficies de equipos medidores.

Los datum se usan principalmente para localizar una pieza de manera repetible para revisar tolerancias geométricas relacionadas a las figuras de datum. Además, los datum proporcionan información de diseño funcional acerca de la pieza. Por ejemplo, la figura de datum en un dibujo de una pieza orienta y dirige a los usuarios del dibujo para su correcto montaje y ensamble y con el datum primario se puede establecer cuál es la sección más importante de la pieza en su ensamble.

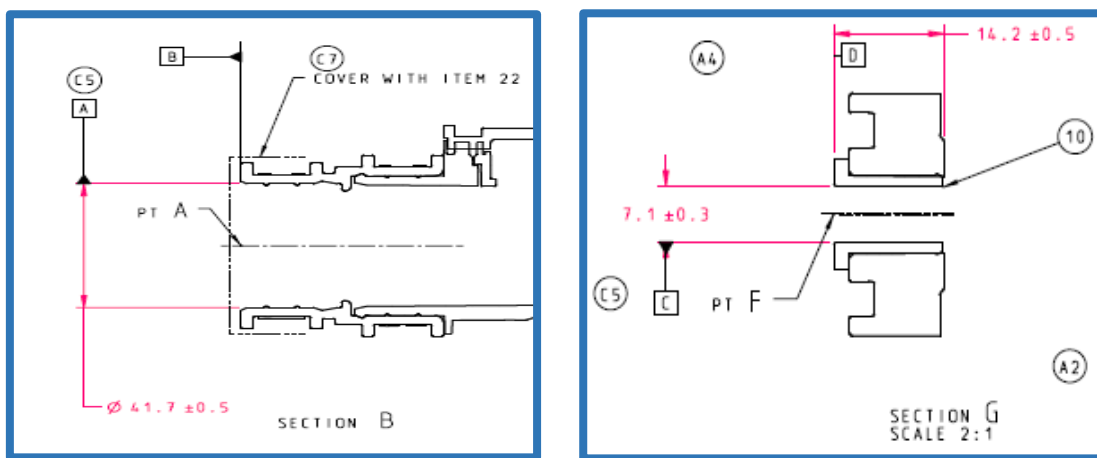
Una figura de datum es una figura ideal de la pieza que hace contacto, o se usa para establecer un datum.

Se debe escoger la característica más representativa de la pieza para definir el datum [A], obteniendo así el primer eje Z donde la pieza pierde tres grados de libertad (dos giros y una traslación). Se define una dirección por varios puntos proyectada sobre el plano perpendicular al primer eje, siendo este el datum [B]. La imposición de esta dirección como segundo eje X determina la pérdida de otros dos grados de libertad de la pieza. Finalmente se fija un punto representativo de la pieza (borde, centro del círculo...) para fijar el datum [C] bloqueando así el último grado de libertad de la pieza en inspección.

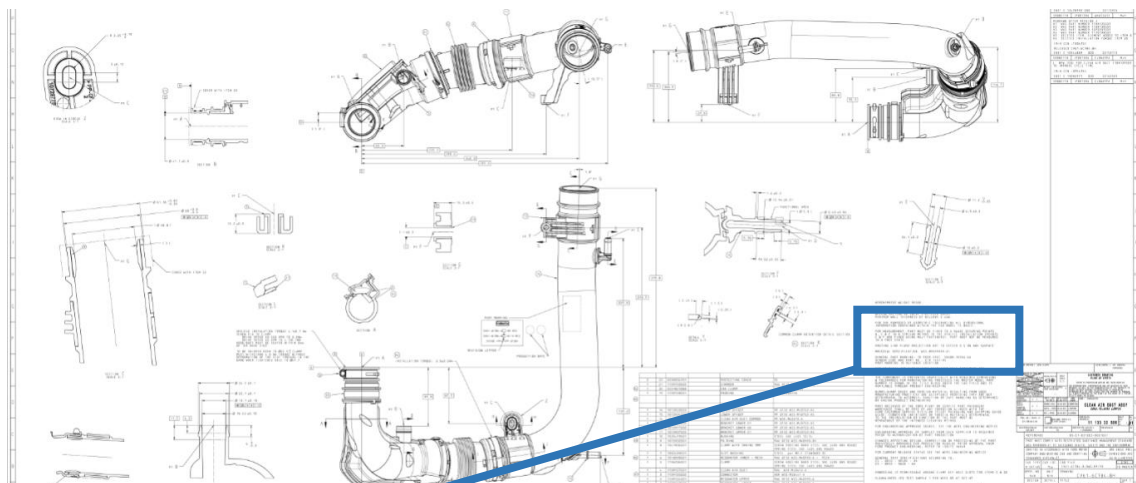
El incumplimiento de la exigencia de forma (planitud, cilindridad) descalifica la característica para su uso en alineación y el incumplimiento de la exigencia de forma (rectitud) descalifica la característica para su uso en alineación.

Desde un inicio se debe tener en cuenta la manera en que se va a montar la pieza en vehículo, y para comprobarlo se fija la pieza en una galga. Se debe hacer la secuencia de montaje en galga de la misma manera como se va a montar en vehículo y por ello el punto inicial de ensamblaje se denominará como nuestro punto (0,0,0), el punto donde se comenzará a colocar la pieza y desde donde vamos a poner la referencia de los otros valores de fijación con respecto a este punto para facilitar a la hora de fabricar y sobretodo de medir una vez fabricada teniendo siempre la especificación que no se deben medir en estado libre.

Para este conjunto en concreto fijamos el **Pt.A** como **(0,0,0)** y a partir de aquí, teniendo en cuenta que nuestros puntos de fijación son **Pt.A**, **Pt.C** con unas coordenadas respecto al **Pt.A** de **(288.6,27.8,218.7)** y **Pt.F** con unas coordenadas respecto al **Pt.A** de **(235.2,83.8,87.7)**. En el **Pt.A** están colocados los Datum A y B, los cuales son un cilindro y un plano respectivamente con los cuales podremos generar el **Pt.A**. De esta manera conseguimos restringir grados de libertad y permitir solamente el movimiento de giro sobre este punto. Para eliminar todos los grados de libertad se coloca un Datum C, apoyándose en este caso en otro Datum D Fig7.5 para obtener el **Pt.F** y fijar la pieza. Debido a la geometría de esta pieza es necesario indicar tanto en este punto como en plano con un comentario que es necesario fijar la pieza en otro punto, siendo en este caso el **Pt.C**.



22 Fig. 4.8.1 Datums pieza

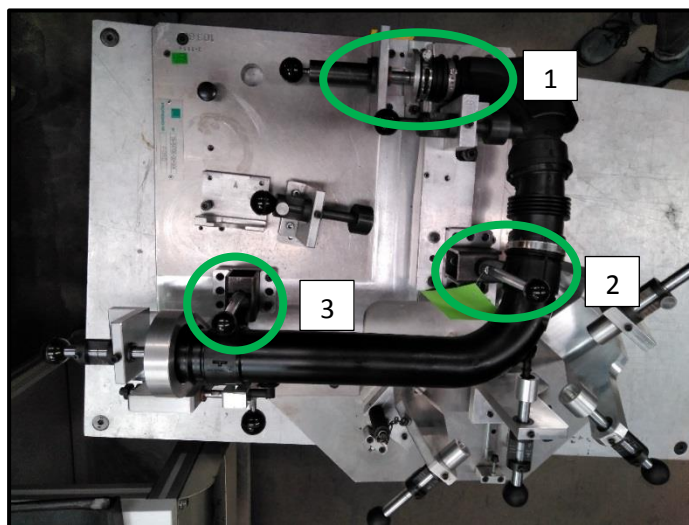


23 Fig. 4.8.2 Especificación de punto de fijación en plano

FOR MEASUREMENT, PART MUST BE FIXED TO A GAUGE SECURING POINTS A, C & F IN A SIMILAR METHOD TO THE VEHICLE INSTALLATION (POINTS C & F ARE FIXED USING M6x1 FASTENERS). PART MUST NOT BE MEASURED IN A FREE STATE.

8.Puntos de fijación		
	Cota	Especificación
Pt.A	(0,0,0)	Datum A y Datum B
Pt.F	(288.6,27.8,218.7)	Datum C y Datum D
Pt.C	(235.2,83.8,87.7)	Punto necesario para fijar la pieza

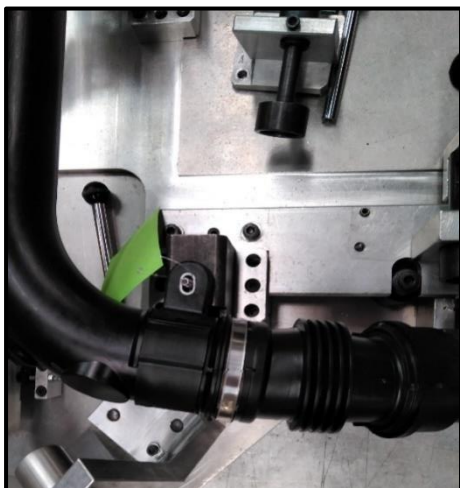
24 Fig. 4.8.3 Puntos de fijación cuadro resumen



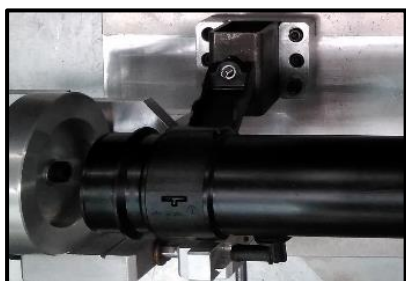
25 Fig. 4.8.4 Puntos de fijación pieza montada en galga



26 Fig. 4.8.5 Punto de fijación 1



27 Fig. 4.8.6 Punto de fijación 2 antes y después de fijar



28 Fig. 4.8.7 Punto de fijación 3 antes y después de fijar

## 4.9 Montaje de pieza en galga

En la fabricación de las galgas hay que plantearse en cuales podemos incluir en una misma base varias referencias a controlar, reduciendo así coste y espacio.

Este proceso se puede llevar a cabo para piezas similares, de las cuales los movimientos de los postizos pueden realizarse con facilidad o con una intercambiabilidad aparentemente fácil.

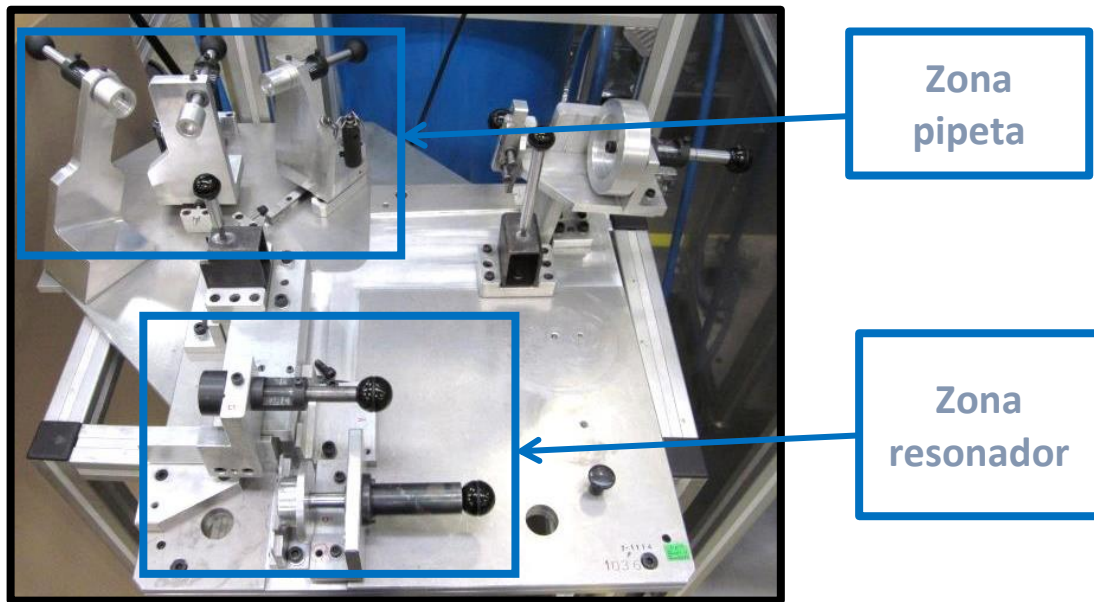
Para este caso deberemos tener en cuenta los dos tipos de resonadores que podemos implementar en la zona de resonadores (Postizos A y B) y los tres tipos de pipetas que se controlan en la zona de pipetas (Postizos A, B, y C). Los puntos de control de la boca final junto a su pipeta son comunes para todas las referencias, por lo que podemos fijar ese postizo. Hay que tener en cuenta que dependiendo que tipo de pipeta tiene la referencia a controlar se deberá retirar los demás postizos, los cuales tienen esas dos posiciones, fijadas con un tornillo de fijación en cada una de ellas para que puedan ser movibles siempre que lo necesitemos.

9.Montaje							
Referencias	ZONA A(Resonador)		ZONA B(Pipetas)				
	A	B	1	2	3	4	
1113332SXX		x		X			
1159285SXX		x	X		X		
1072925SXX	x			X			
1175094SXX	x				X	X	

29 Fig. 4.9.1 Montaje cuadro resumen

Cada postizo va marcado con su letra a la que pertenece para controlar cual debe de utilizarse, además se explica que letra hay que retirar para poder proceder al montaje y que postizos hacen falta para la pieza que se está fabricando, realizando así un control sobre las piezas para verificar que se está fabricando la referencia correcta y no se han equivocado en ninguna de las partes para llegar a tener el conjunto completo correcto.





30 Fig. 4.9.2 Zona resonador y zona pipeta en galga



#### 4.10 Información adicional

A parte de los cuadros de selección dentro del cuadro resumen hay que tener en cuenta la validación de la galga, su identificación y para el caso de que se decida sacar la fabricación de la galga a un proveedor, que documentos serían necesarios recibir con la galga.

Al pedir una galga a proveedor se debe saber qué tipo de documentos deberíamos recibir, tanto para facilitar el trabajo como para asegurarnos de que nos llega lo que de verdad necesitamos y queríamos pedir.

Una vez realizada la fabricación de la galga los documentos mínimos necesarios que se deben pedir son:

- Informe dimensional
- Plano conjunto 2D
- Ensamblaje en formato CAD 3D
- Lista de materiales
- Plano de medición
- Plano de montaje

Un informe dimensional que verifique que las medidas de la galga son correctas y coincide con las especificaciones, un plano de conjunto 2D y 3D del ensamblaje para poder validar la galga respecto a ese plano 2D y/o el documento CAD 3D y poder emitir así el informe dimensional.

La lista de materiales nos verifica que las especificaciones necesarias en los puntos a controlar más críticos o para los casos en los que sea necesario modificar la galga saber cómo poder trabajar con esos materiales.

Tanto el plano de medición como el plano de montaje pueden ir adjuntos al informe dimensional para tener claro que puntos se han medido y cómo se ha hecho.

La identificación del útil de control y de sus elementos se hace mediante chapas de identificación, elementos grabados y pegatinas. Los códigos de colores variarán según varios factores como:

- La identidad del cliente final. Se pintan generalmente los cantos de la placa base para la identificación.
- La referencia del proyecto.

- El nº de controles que realizar, en caso de tener numerosos controles, se identificará la zona de control y la galga correspondiente mediante un código de color.

Según los requisitos especificados, en el cuaderno de cargas general o específico, estos códigos podrán ser complementados por pegatinas identificando elementos clave del útil de control (partes desmontables).

La chapa de identificación permite comprobar fácilmente con qué proyecto está relacionado el útil, indicando el nombre del proveedor, el nombre del cliente final, la referencia del proyecto, el nombre de la pieza y la fecha de fabricación.

Para la validación de la galga podemos utilizar un informe dimensional además de un R&R. El informe dimensional es el documento creado al realizar la medición de la galga para comprobar que sus elementos de control y puntos a controlar se fabrican según los requisitos de cliente. Según lo decidido por el cliente final, se deberá realizar un estudio R&R de las piezas que se van a controlar en la galga, haciendo uso del nuevo formato MSA4, donde nos permite realizar estudios R&R para controles por variables.

Otra parte importante a implementar es la trazabilidad, la cual se hace una verificación mediante una inspección visual cada año tras su fecha de fabricación y una calibración mediante un informe dimensional cada 5 años. El timing de limpieza y almacenamiento es tarea de Producción.

## 5. Resultados

Los resultados finales que se van a presentar y con los que nos vamos a basar son los obtenidos con el informe dimensional y un estudio R&R por atributos basándonos en el nuevo formato de MSA cuarta edición (ver Anexo 9).

El informe dimensional debe estar dentro de las especificaciones de tolerancia para los valores medidos en los que se llegó a un acuerdo en la reunión del cuaderno de cargas. Como ocurre en este caso, sólo si tenemos un informe dimensional 100% dentro de valores, es posible dar como aceptable la galga, en caso contrario se debería modificar la galga en aquellas cotas que no estén dentro de especificaciones y volver a realizar una medición.

Aunque no sea tan imprescindible como un informe dimensional, un estudio R&R es necesario para validar una galga. Según el valor obtenido sabemos si es apto o no, y en nuestro caso podemos separar en apto al R&R realizado sobre la boca y apto con reserva para los R&R realizados para las pipetas. Para el caso de dar apto no se tuvo que realizar nada, y para las pipetas al ser apto con reservas se debió definir con cliente si para ellos era suficiente ese valor del estudio o si lo consideraban tan crítico que se debería modificar, decidiéndose finalmente por no realizar modificaciones al ser conexiones que con estos valores de R&R no afectarían al montaje de la pieza en ningún momento.

Tras una validación correcta se pasa a realizar una instrucción visual de manejo de galgas (ver Anexo 10), que al igual que se intenta estandarizar el formato de fabricación de las galgas con este documento se estandariza el método de montaje de la pieza en la galga para que todo el personal responsable de su uso lo utilice siempre de la misma manera eliminando así factores de fallo que puedan darse.

Tras obtener todos estos documentos se puede dar por finalizado el proceso de validación al que se ha llegado tras obtener unos resultados satisfactorios en los estudios, unos resultados que no se permiten fallos debido a la funcionalidad de la galga.

Tras poder ver los resultados obtenidos en el caso técnico, y no solo en resultados numéricos sino en resultados de fiabilidad de utilizar este método para las siguientes galgas, nos da un resultado positivo, una buena acogida por parte de los integrantes debido a disminución de problemas en todo el proceso.

## 6. Conclusión

Se ha elaborado un cuaderno de cargas que actualmente se está iniciando como prueba en los proyectos de Mann+Hummel para comprobar que es válido y pueda utilizarse en adelante.

El objetivo de conseguir un documento en el que todos los involucrados estén de acuerdo y pueda pasar a tener su funcionalidad y ayude para mejorar los requisitos que se piden por varios departamentos y se tengan en cuenta por parte de todos desde un inicio se ha cumplido.

Dentro de este tema no está todo definido debido a que actualmente hay tres aspectos que están modificando las tendencias en el diseño de galgas dimensionales y que vienen impuestas por la necesidad de mejorar su funcionalidad y su eficacia. Para poder dar un giro de la calidad correctora a la calidad preventiva necesitamos poder tener información fiable y rápida para poder tomar decisiones, y para ello, un cuaderno de cargas se hace necesario.

El primero de ellos radica en la necesidad de diseñar galgas que permitan medir las piezas en diferentes estados de libertad para poder estudiar su comportamiento desde que son fabricadas hasta que se montan en su entorno del vehículo. Estas diferentes variaciones se conseguirían mediante postizos intercambiables y serán muy útiles para los diferentes equipos que intervienen en el lanzamiento de un nuevo vehículo.

Inicialmente deberían permitir fijar la pieza únicamente por sus isostatismos o datum y controlando por ejemplo su contorno por juego y enrase, pero dejando en libertad a la pieza sin que ningún elemento le suponga ninguna restricción o la conforme más que sus propias fijaciones. De este modo podemos evaluar cómo están las piezas respecto a su geometría teórica sin pretensión para tratar de que se acerquen lo máximo posible a la forma teórica.

Para estudiar el comportamiento en el estado más real, deberíamos poder montar gomas, juntas de estanquidad, insonorizantes u otros elementos blandos o flexibles que también condicionen el asentamiento de la pieza en su entorno. Hay una tendencia a reducir el peso de las piezas de los vehículos y esto supone una reducción de los espesores en general. Las piezas que son más delgadas son más sensibles a sufrir deformaciones por el pretensionado, de modo que tener en cuenta los elementos que originan tensiones es muy importante.

Evidentemente todas estas posibilidades son una gran ventaja para la funcionalidad de la galga, pero complican bastante su diseño por la cantidad de postizos y elementos intercambiables que requieren. Todo ello sin olvidar que la repetibilidad solo se consigue representando fijaciones abribles para no dañar ningún componente de la pieza al desmontarlo.

El segundo aspecto consiste en hacer los útiles más autónomos e independientes de las salas de metrología y de las tridimensionales para que permitan tomar decisiones rápidamente a pie de máquina, registren datos con trazabilidad y que estos datos sean muy fiables. Hacerlos más autónomos implica incorporar posiciones para medir con reloj comparador. Hacerlos más fiables y obtener trazabilidad implica utilizar soluciones para la automatización de datos.

El tercer aspecto es la necesidad de reducir el coste y el espacio de estos medios de control más que nunca por que la situación actual nos está llevando a que los modelos de vehículos tengan una vida cada vez más corta y con una tendencia a tener cada vez más variantes dentro de un mismo modelo, es decir, diferentes gamas de vehículo con cantidades de fabricación más bajas. Debemos concentrar todas las versiones posibles en un mismo medio de control, para minimizar el espacio que ocupan y su coste.

Uno de los mayores problemas para conseguir un cuaderno de cargas que fuese útil para todos fue poner de acuerdo que puntos eran los más importantes y necesarios incluir para que en una primera reunión se expusiese lo que necesitaba cada uno y los puntos consecutivos con respecto a las pautas que aparecen en la hoja presentación del cuaderno de cargas. Otro de los problemas importantes es el tiempo, poder decidir que galgas se pueden fabricar y cuáles son las que se tiene que encargar fuera, estando a punto de encargarse fuera la galga en la cual está basada este trabajo y arriesgando así que no pudiese seguir por completo todo el procedimiento.

Finalmente puedo concluir que ha sido muy buena experiencia el poder realizar un trabajo así con Mann+Hummel, he podido encontrar varios problemas y aprendido a cómo enfrentarme a muchos de ellos. Es una gran satisfacción poder ver que un trabajo al que le has dedicado tanto tiempo tenga su aceptación en el grupo de trabajo y que poco a poco va teniendo su funcionalidad dentro de los nuevos proyectos.

## 7. Bibliografía

- Libros
  - I. William E. Boyes (1989). Handbook and jig fixture design (2ªed.): Library of Congress Catalog Nº 89-62218, Society of Manufacturing Engineers (SME)
  - II. Gene R. Cogorno (2011). Geometric dimensioning and tolerancing for mechanical design (2ªed.): McGraw-hill
  - III. Fernando Torres Leza (1999) Manual de gestión e ingeniería de la calidad: Mira editores
  - IV. Técnicas de control metrológico, S.L (2011). Measurement systems analysis (4ªed.)
- Normativa
  - I. Ford Motor Company: Customer-Specific Requirements for use with PPAP 4.0 (SCCAF)
  - II. ISO 10579:2010(E) (2ªed.): Geometrical product specifications (GPS)- Dimensioning and tolerancing non-rigid parts
  - III. UNE-ISO/TS 16949:2009: Sistemas de gestión de la calidad en el sector automoción
- Normativa interna
  - I. ZAR-DE-P-0001 Definición, identificación y gestión de características especiales producto-proceso (LCE)
  - II. MHG-QU-I-0001 Análisis de modos de fallo y efectos (AMFE)
  - III. MHG-PI-P-0001 MANN+HUMMEL Corporate design
  - IV. MHG-PI-P-0002 MANN+HUMMEL Power Point presentation master
  - V. ZAR-PR-I-0026\_ES\_02 Procedimientos en degradado
- Páginas web
  - I. <http://www.measurecontrol.com/funcionalidad-y-diseno/>
  - II. <http://www.interempresas.net/Medicion/Articulos/26104-Alineacion-apropiada-en-maquinas-de-medir-por-coordenadas.html>
  - III. <http://www.measurecontrol.com/manual-para-la-elaboracion-de-un-cuaderno-de-cargas/>

- IV. <http://www.measurecontrol.com/%C2%BFcomo-realizar-un-estudio-rr-en-un-util-de-control/>
- V. [http://www.measurecontrol.com/gdt\\_aplicar-la-condicion-de-maximo-material-a-datos-de-isostatismo/](http://www.measurecontrol.com/gdt_aplicar-la-condicion-de-maximo-material-a-datos-de-isostatismo/)
- VI. <http://www.monografias.com/trabajos75/tolerancias-dimensionales-geometrica-conceptos-ventajas/tolerancias-dimensionales-geometrica-conceptos-ventajas2.shtml>
- VII. <http://www.icicm.com/files/CurTolGeom.pdf>
- VIII. <http://www.amf.de/es/downloads/current-catalogues/Catalogue-AMF-Standard-Clamping-Elements.pdf>
- IX. <http://www.aiag.net.cn/aiag/uploads/file01/%E7%A6%8F%E7%89%B9PPAP%E7%AC%AC%E5%9B%9B%E7%89%88%E5%AE%A2%E6%88%B7%E7%89%B9%E6%AE%8A%E8%A6%81%E6%B1%82.pdf>
- X. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/9844/Capitulo3.pdf>
- XI. <http://www.monografias.com/trabajos75/tolerancias-ingenieria-moderna-manufactura-avanzada/tolerancias-ingenieria-moderna-manufactura-avanzada2.shtml>
- XII. <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap10.pdf>
- XIII. [http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/1194\\_ca.pdf](http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/1194_ca.pdf)
- XIV. <http://www.monografias.com/trabajos6/amef/amef2.shtml>
- XV. <http://www.pdcahome.com/3891/amfe-guia-de-uso-del-analisis-modal-de-fallos-y-efectos/>

- XVI. <http://www.cmm.com.mx/pdf/folletos/Mcosmos.pdf>
- XVII. [https://books.google.de/books?id=9spxsIXtICIC&pg=PA163&lpg=PA163&dq=tolerancias+construcci%C3%B3n+de+galgas&source=bl&ots=IQceq9mNBX&sig=GHZbyLvSlwg08Ttyk3W4MINYSo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiyi\\_vFyrLQAhWK6xQKHdFKDlkQ6AEILTAH#v=onepage&q=tolerancias%20construcci%C3%B3n%20de%20galgas&f=falsepag\\_190...., pag211...](https://books.google.de/books?id=9spxsIXtICIC&pg=PA163&lpg=PA163&dq=tolerancias+construcci%C3%B3n+de+galgas&source=bl&ots=IQceq9mNBX&sig=GHZbyLvSlwg08Ttyk3W4MINYSo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiyi_vFyrLQAhWK6xQKHdFKDlkQ6AEILTAH#v=onepage&q=tolerancias%20construcci%C3%B3n%20de%20galgas&f=falsepag_190...., pag211...)
- XVIII. <http://www.measurecontrol.com/tendencias-en-los-utiles-de-control/>
- XIX. [http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2012/06/2.-Graf\\_Atributos.pdf](http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2012/06/2.-Graf_Atributos.pdf)
- XX. [http://www.colombiaaprende.edu.co/html/investigadores/1609/articles-322806\\_recurso\\_1.pdf](http://www.colombiaaprende.edu.co/html/investigadores/1609/articles-322806_recurso_1.pdf)