

E.T.S. de Ingeniería Industrial,  
Informática y de Telecomunicación

# MEJORA Y ESTANDARIZACIÓN DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE VOLKSWAGEN NAVARRA, S.A.



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Joseba Díaz Olló

Director: Lucas Álvarez Vega

Codirector: Javier Romero Eraso

Pamplona, marzo de 2018



## Contenido

<b>1.- PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA: VOLKSWAGEN NAVARRA, S.A.</b> .....	<b>9</b>
1.1.- Grupo Volkswagen .....	9
1.2.- VolkswagenNavarra, S.A. ....	12
1.2.1.- Ubicación.....	12
1.2.2.- Estructura de las instalaciones.....	12
1.2.3.- Historia .....	13
1.2.4.- Estructura organizativa: .....	15
1.2.5.- Producto.....	19
1.2.6.- Proceso productivo: .....	24
<b>2.-INTRODUCCIÓN AL PROYECTO</b> .....	<b>30</b>
2.1.- Objeto .....	30
2.2.- Antecedentes .....	30
2.3.- Alcance .....	30
<b>3.- PROCESO DE CALIBRACIÓN Y SISTEMA DE COMUNICACIÓN</b> .....	<b>31</b>
<b>4.- FUNCIONAMIENTO DEL MÁXIMO</b> .....	<b>38</b>
4.1.- Identificación de los equipos .....	38
4.2.- Cálculos que realiza el programa .....	40
<b>5.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN</b> .....	<b>43</b>
5.1.- Relación entre Tolerancia e Incertidumbre: .....	44
5.2.- Relación entre incertidumbre y división de escala: .....	46
5.3.- Relación entre tolerancia y división de escala: .....	47
<b>6.- PERIODOS DE CALIBRACIÓN</b> .....	<b>48</b>
6.1.- DETERMINACIÓN DE LOS PERIODOS DE CALIBRACIÓN: .....	49
6.2.- PROCESO PARA ESTABLECER UN PERIODO DE CALIBRACION: .....	52
<b>7.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS VOLKSWAGEN</b> .....	<b>56</b>
7.1.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE FÁBRICA.....	57
7.1.1.-MANÓMETROS:.....	57
7.1.2.-GALGAS: .....	59
7.1.3.-MICROMETROS Y PIES DE REY: .....	62
7.1.4.-TORCÓMETROS O TRANSDUCTORES: .....	65
7.1.5.-HERRAMIENTAS DE ATORNILLADO Y PAR: .....	67
7.1.6.-BALANZAS Y BASCULAS: .....	68
7.1.7.-COMPARADORES: .....	70

7.1.8.-ELECTRICIDAD: .....	74
7.2.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS VEHÍCULO.....	75
7.2.1- TEMPERATURA.....	75
7.2.2- DIMENSIONALES: .....	89
7.2.3- EQUIPOS DE FUERZA: .....	95
7.2.4- EQUIPOS ÓPTICOS:.....	112
7.2.5- EQUIPOS DE PRESIÓN: .....	114
7.2.6- EQUIPOS QUÍMICOS:.....	115
7.2.7- VARIOS: .....	122
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>125</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>126</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Marcas del Grupo Volkswagen.....	9
Ilustración 2. Ventas anuales de los mayores fabricantes de automóviles mundiales.....	11
Ilustración 3. Ubicación Volkswagen Navarra, S.A. ....	12
Ilustración 4. Vista aérea Volkswagen Navarra, S.A.....	13
Ilustración 5. Estructura organizativa Volkswagen Navarra, S.A. ....	15
Ilustración 6. Estructura organizativa de Calidad.....	19
Ilustración 7. Nuevos asistentes de conducción y tecnologías .....	20
Ilustración 8. Diseño interior y nuevos sistemas de radio y radio-navegación.....	21
Ilustración 9. Nuevo VW Polo Blue Motion.....	21
Ilustración 10. Nuevo VW Polo Blue GT .....	22
Ilustración 11. Nuevo Polo A07 .....	23
Ilustración 12. Interior del nuevo Polo A07 .....	23
Ilustración 13. Representación del proceso productivo .....	24
Ilustración 14. Taller de prensas .....	24
Ilustración 15. Taller de chapistería .....	25
Ilustración 16. Talleres de Pintura 2A y 2B.....	26
Ilustración 17. Taller de motores, línea Triebstatz y línea de puertas 1 y 2.....	26
Ilustración 18. Taller de montaje .....	27
Ilustración 19. Mapa del proceso productivo de Volkswagen Navarra, S.A. ....	29
Ilustración 20. Revisión final, instalación de control de EOBD y prueba de lluvia .....	29
Ilustración 21. Composición de la referencia de los equipos y herramientas .....	38
Ilustración 22. Representación de tolerancia .....	44
Ilustración 23. Representación tolerancia-incertidumbre 1 .....	44
Ilustración 24. Representación tolerancia-incertidumbre 2 .....	44
Ilustración 25. Relación tolerancia-incertidumbre.....	45
Ilustración 26. Diferencia error-incertidumbre.....	48
Ilustración 27. Ejemplo deriva incertidumbre.....	52
Ilustración 28. Ejemplo diagrama inestable de deriva de incertidumbre .....	53
Ilustración 29. Ejemplo diagrama estable de deriva de incertidumbre .....	53
Ilustración 30. Ejemplo deriva de la última calibración .....	54
Ilustración 31. Familia predefinida como absoluta-otros/METRA.....	61
Ilustración 32. Familia predefinida como absoluta-bloques patrón/METRA.....	61
Ilustración 33. Familia predefinida como absoluta-bloques patrón corregida/METRA .....	61
Ilustración 34. Calibración de palpadores de interiores .....	62
Ilustración 35. Extracto de la norma interna de Volkswagen VW 01110-2 para herramientas de atornillado .....	66
Ilustración 36. Calibración de comparadores con bloques patrón .....	70
Ilustración 37. Calibración de comparadores con banco comparador .....	71
Ilustración 38. Extracto normativas para ensayos con muflas.....	76
Ilustración 39. Corrección aplicada a estufas del laboratorio/METRA .....	78
Ilustración 40. Corrección aplicada a cámaras climáticas del laboratorio/Metra .....	83
Ilustración 41. Corrección aplicada a cámaras de humedad del laboratorio/METRA.....	86

Ilustración 42. Deriva de la incertidumbre de la balanza F0011 112 1001.....	95
Ilustración 43. Deriva de la incertidumbre de la balanza F0012 116 1001.....	96
Ilustración 44. Deriva de la incertidumbre de la balanza F0012 312 1001.....	97
Ilustración 45. Deriva de la incertidumbre de la máquina de ensayos F1114 320 1001 .....	101
Ilustración 46. Deriva de la incertidumbre de la máquina de ensayos F1114 425 1002 .....	102
Ilustración 47. Resultados de las calibraciones del durómetro Brinell .....	106
Ilustración 48. Resultados de las calibraciones del durómetro Vickers.....	107
Ilustración 49. Resultados de calibraciones del durómetro HL.....	108
Ilustración 50. Resultados de la calibración del durómetro de bola-17/11/2014 .....	109
Ilustración 51. Resultados de la calibración del durómetro de bola-16/11/2016 .....	109
Ilustración 52. Resultados de calibraciones del microdurómetro .....	110
Ilustración 53. Tolerancias establecidas en la norma DIN EN ISO 105-X12 para ensayos con abrasímetros .....	122
Ilustración 54. Especificaciones de la norma TL 226 para ensayos con equipos de rayado .....	123
Ilustración 55. Especificaciones de la normas PV 3952 y PV 3947 para ensayos con equipos de rayado .....	124

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos Consorcio VW 31/12/2013 .....	10
Tabla 2. Histeresis en medida diferencial .....	42
Tabla 3. Repetitividad en medida diferencial .....	42
Tabla 4. Relación incertidumbre-división de escala .....	47
Tabla 5. Comparación de metodos para el periodo de calibración .....	51
Tabla 6. Ejemplo deriva de la última calibración .....	54
Tabla 7. Calidad de las láminas de espesores segun espesor .....	60
Tabla 8. Puntos de calibración y reiteraciones en micrómetros de exteriores.....	63
Tabla 9. Desviaciones admisibles para herramientas dinamometricas .....	67
Tabla 10. Condiciones ambientales para la calibración de comparadores.....	70
Tabla 11. Extracto DIN EN ISO 3675 para ensayos con termómetros.....	75
Tabla 12. Tolerancias según normativas para ensayos con cámaras de niebla salina.....	85
Tabla 13. Incertidumbre admisible para galgas patrón grupo 1 .....	89
Tabla 14. Incertidumbre admisible para galgas patrón grupo 2 .....	90
Tabla 15. Incertidumbre admisible para galgas patrón grupo 3 .....	93
Tabla 16. Valores máx. dados por el fabricante para la maquina de ensayos F1114 320 1001 .99	
Tabla 17. Valores máx. dados por el fabricante para la máquina de ensayos F1114 425 1002 100	
Tabla 18. Tolerancias establecidas para los ensayos del gravelómetro.....	114
Tabla 19. Tolerancias establecidas para el Xenotest Beta para piezas de interior .....	117
Tabla 20. Tolerancias establecidas para el Xenotest Beta para piezas de exterior .....	118
Tabla 21. Tabla de especificaciones de la norma TL 766 para ensayos con densímetros .....	119
Tabla 22. Tolerancias definidas en la norma DIN EN ISO 3675 para ensayos con densímetros	120





## RESUMEN

El presente proyecto ha sido realizado en el laboratorio de Tecnología de Materiales de la Dirección de Calidad de Volkswagen Navarra. Se pretende realizar una guía universal aplicable a cualquier fábrica en la que se trabaje con un grupo de herramientas y equipos, sea cual sea su sector industrial.

Se define un sistema de comunicación y un protocolo de actuación para llevar a cabo las calibraciones dentro de fábrica.

Se describen todas las funciones de un nuevo programa que recogerá toda una base de datos de los equipos y herramientas de fábrica, en lo referente a las calibraciones.

Se establecen unos criterios de aceptación de las calibraciones, según la naturaleza de cada equipo o herramienta.

Se definen diferentes procedimientos para establecer los periodos de calibración.

Se realiza un estudio minucioso de las calibraciones de los equipos y herramientas de Volkswagen Navarra para establecer unos criterios de aceptación.

El propósito final del proyecto es estandarizar todos los procesos y directrices a seguir a la hora de trabajar con las calibraciones de la fábrica.

## PALABRAS CLAVE

- Calibración
- Procesos de calibración
- Sistema de comunicación
- Criterios de aceptación
- Periodos de Calibración
- Incertidumbre
- Corrección
- Tolerancia
- División de escala
- Equipos y herramientas
- Deriva de la incertidumbre
- Estandarización
- Puntos de medida

## SUMMARY

The present project has been accomplished in the Materials Technology Laboratory of the Quality Management of Volkswagen Navarra. The aim of this project is to develop a universal guide applicable to any factory in which it is worked with a group of tools and equipment, regardless of the industrial sector.

A communication system and an action protocol are defined to carry out the calibrations within the factory.

It is described all the functions of a new program that will collect an entire database of equipment and tools from the factory, in relation to calibrations.

Calibration acceptance criteria are established, according to the nature of each equipment or tool.

Different procedures are defined to establish the calibration periods.

A detailed study of the calibrations of the equipment and tools of Volkswagen Navarra is carried out in order to establish acceptance criteria.

All in all, the final purpose of this project is to standardize all the processes and guidelines to follow when working with factory calibrations.

## KEYWORDS

- Calibration
- Calibration processes
- Communication system
- Criteria of acceptance
- Calibration Periods
- Uncertainty
- Correction
- Tolerance
- Division of scale
- Equipment and tools
- Drift of the uncertainty
- Standardization
- Measuring points













## 1.- PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA: VOLKSWAGEN NAVARRA, S.A.

### 1.1.- Grupo Volkswagen

El Grupo Volkswagen con sede en Wolfsburg, es el mayor fabricante de automóviles de Europa y uno de los productores líderes de la industria automovilística en el mundo. Cuenta con 119 plantas distribuidas por todo el mundo, y producen a diario una amplia oferta de vehículos, que se comercializan en 153 países.

La principal actividad del Grupo Volkswagen está enfocada a la fabricación de automóviles. No obstante, también engloba una amplia gama de servicios relacionados con la conducción y otros campos.

En la actualidad, doce son las marcas procedentes de siete países Europeos las que comprenden el Grupo Volkswagen: Volkswagen AG (Alemania), Audi (Alemania), SEAT (España), ŠKODA (República Checa), Bentley Motors (Reino Unido), Bugatti (Francia), Lamborghini (Italia), Porsche (Alemania), Ducati (Italia), Volkswagen Vehículos Comerciales (Alemania), Scania (Suecia) y MAN (Alemania).

	 Audi	
ŠKODA 	 BENTLEY	
	 PORSCHE	
 Vehículos Comerciales	 SCANIA	

*Ilustración 1. Marcas del Grupo Volkswagen*

Cada una de estas marcas del Grupo Volkswagen, debe mantener su carácter propio, porque solo así cada una de las marcas pueden contribuir a aportar valor al valor común.

Todas las marcas integrantes del grupo tienen como objetivo común producir vehículos atractivos, seguros y respetuosos con el medio ambiente. Todo ello en un mercado cada vez más competitivo y exigente por lo que resulta esencial fijar estándares a nivel general de Consorcio Volkswagen.

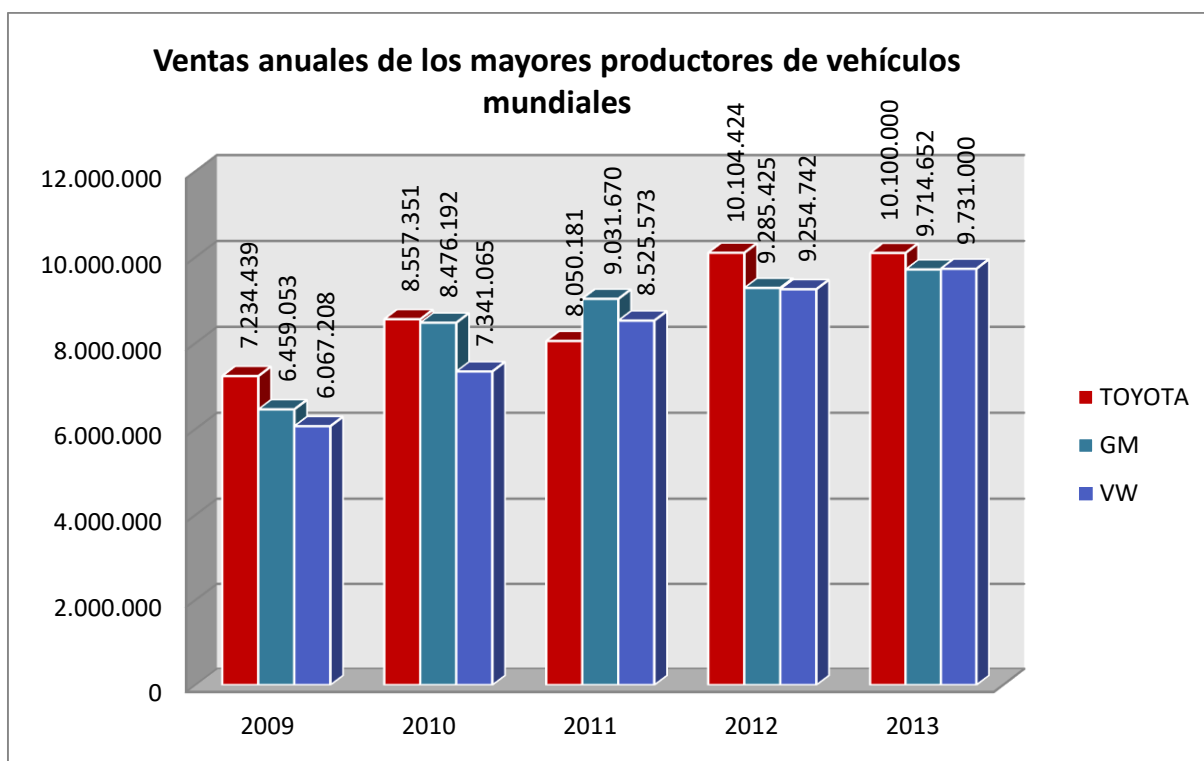
En la siguiente tabla se muestran algunos datos del Grupo Volkswagen de 2013:

Tabla 1. Datos Consorcio VW 31/12/2013

<b>GRUPO VOLKSWAGEN</b>				
<b>MARCAS INTEGRANTES</b>	Nº	12		
	Nombre	Volkswagen Turismos (Alemania) Volkswagen Vehículos Comerciales (Alemania) Audi (Alemania) Porsche (Alemania) MAN (Alemania) ŠKODA (República Checa) Scania (Suecia) Bentley Motors (Reino Unido) Bentley, Bugatti (Francia) SEAT (España) Lamborghini (Italia) Ducati (Italia)		
	<b>DATOS PRODUCCIÓN</b>	Número:	106	
		Plantas de producción	Ubicadas en: Europa: 19 países América, Asia, África: 8 países	
		Producción Global por día laborable	Empleados: 572.800 Vehículos: 39.350	
	<b>DATOS ECONÓMICOS</b>	Nº vehículos entregados a clientes	En 2012: 9,276 millones En 2013: 9,731 millones	
		Mercados	Nº países en los que se comercializa el producto:	153
			Cuota de mercado turismos:	Europa Occidental: 24,8% Mundial: 12,8%
		Ingresos por ventas	En 2012:	193 billones €
			En 2013:	197 billones €
		Beneficio después de impuestos	En 2012:	21,9 billones €
En 2013:	9,3 billones €			

Además, el grupo contempla un enfoque integral que reúne tanto la fabricación y distribución de los vehículos que produce, como servicios técnicos y financieros.

En la siguiente grafica se muestra una evolución de las ventas anuales realizadas por los tres mayores productores de automóviles mundiales: Toyota, General Motors y Volkswagen, desde 2009 hasta la actualidad. El gráfico ha sido realizado según los datos de la Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA).



*Ilustración 2. Ventas anuales de los mayores fabricantes de automóviles mundiales*

El Grupo Volkswagen oferta una gama de vehículos muy extensa presente en todos los segmentos de la automoción. En total comercializa más de 200 modelos que abarcan desde pequeños pvehículos de bajo consumo, hasta vehículos de lujo. En el segmento de Vehículos Comerciales, la oferta enmarca desde pick ups, hasta autobuses y camiones.

En cuanto a la marca Volkswagen ofrece productos que se ajustan a diferentes tipos de cliente: Polo, Golf, Golf Plus, Passat, Passat Variant, Touran, Tiguan, Touareg, Phaetón, Sharan, Eos, Scirocco, New Beetle.

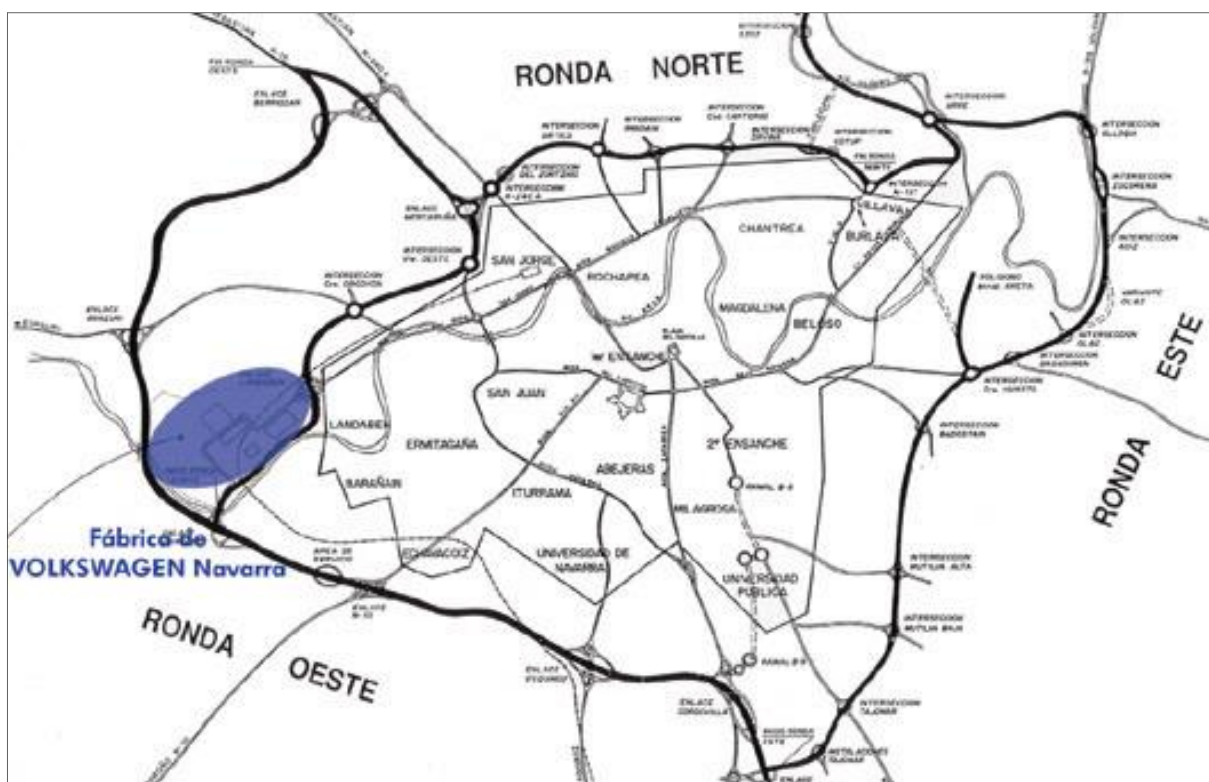
Además de cubrir el sector automovilístico, el Grupo Volkswagen también está presente en otras áreas de negocio distintas: la fabricación de motores diésel de gran calibre para aplicaciones marinas, la manufacturación de turbocompresores y turbomáquinas (turbinas de vapor y gas empleadas en plantas de cogeneración energética), además de reactores químicos. También produce transmisiones de vehículos, engranajes especiales para aerogeneradores y sistemas de deslizamiento y acoplamientos.

## 1.2.- Volkswagen Navarra, S.A.

Volkswagen Navarra es una de las 119 fábricas que el Grupo Volkswagen tiene en todo el mundo. Situada en el Polígono Industrial de Landaben, en Pamplona (Navarra). En estas instalaciones se lleva produciendo el Polo para todo el mundo, de manera ininterrumpida, desde 1984.

### 1.2.1.- Ubicación

La fábrica de Volkswagen Navarra S.A. se encuentra en el polígono industrial de Landaben, dentro del término municipal de Arazuri, en el extremo oeste de Pamplona. Se puede acceder a través de la Ronda Norte o/y de la Ronda Oeste (A-15) tomando la salida 89.



*Ilustración 3. Ubicación Volkswagen Navarra, S.A.*

### 1.2.2.- Estructura de las instalaciones

Volkswagen Navarra S.A. tiene una extensión de 1.630.000 m<sup>2</sup> y una superficie construida de 303.600 m<sup>2</sup>.

La fabricación de vehículos constituye la actividad central de la organización. Así, las instalaciones de producción se encuentran estructuradas y organizadas según el flujo del proceso productivo del vehículo, dividiéndose en seis talleres: Prensas, Chapistería, Pintura, Montaje Motor, Montaje Vehículo y Revisión Final.





*Ilustración 4. Vista aérea Volkswagen Navarra, S.A.*

### **1.2.3.- Historia**

La historia de la actual fábrica Volkswagen Navarra se remonta a 1965, cuando la empresa de motores y cambios “Nueva Montaña Quijano” contactó con la British Motor Corporation para proseguir su actividad industrial de producción de coches. El marqués vallisoletano Eduardo Ruiz de Huidobro Alzuren, presidente de “Nueva Montaña Quijano”, fue el máximo artífice de la creación de la nueva fábrica. La fábrica fue dirigida por Authi hasta 1975. En 1976 SEAT tomó el relevo, invirtió en nuevas instalaciones para fabricar modelos tan conocidos como el 124 y el Panda. Ya en 1984 comenzó la fabricación del Polo bajo la dirección de Volkswagen.

#### **1984–1988**

El mes de febrero marcó la fecha de inicio de la fabricación del Polo con los nuevos equipos de Landaben. Entre las inversiones realizadas, destacó la adquisición de veintiséis robots para las líneas de soldadura de las carrocerías y el reacondicionamiento de la nave de pintura.

#### **1989 –1993**

En 1989 se alcanzó una producción de 638 coches/día, con una plantilla de 2.518 personas. En marzo se dio a conocer la noticia de que el Polo Coupé, hasta el momento fabricado en Wolfsburg y Landaben, se produciría exclusivamente en Pamplona, coincidiendo con el lanzamiento del nuevo modelo previsto para dentro de cuatro años. En mayo de 1989 se implantó el sistema Just in Time para el envío secuenciado de asientos a la planta.

#### **1994–1998**

La producción del Polo A02 cesó en mayo de 1994, cuando se alcanzó una producción total de 1.351.373 coches. Quince días más tarde comenzó la fabricación del nuevo modelo Polo A03, un vehículo de mayor habitabilidad que su antecesor, cuyo primer ejemplar salió en junio. Este hecho coincidió con la adquisición por parte de Volkswagen del 100% de las acciones de Fábrica Navarra de Automóviles, S.A.

## **1999 –2000**

Tras cinco años con el modelo Polo A03 y un total de 1.400.000 unidades vendidas, en julio de 1999 se lanzó el nuevo Polo A03 GP. La producción del primero continuó hasta noviembre, dado su éxito comercial.

## **2001 –2006**

En 2001 se comenzó la fabricación del modelo Polo A04, coche que se presentó en el salón de Frankfurt el fatídico día 11 de septiembre. Este año se invirtió la tendencia en cuanto a niveles de producción, y comenzó un descenso continuado en el número de coches que se fabricarán los próximos años.

## **2007 –2008**

El año 2007 se inició con una renovación de la cúpula directiva, y una nueva Representación Social que surgió de las elecciones sindicales del 28 de marzo. Tras hacerse frente a un importante siniestro en el taller de Pintura acontecido en abril de 2007, del que la factoría salió “reforzada”, el 31 de mayo de ese mismo año el 72,84% de los trabajadores ratificaron el preacuerdo para el nuevo Convenio Colectivo que da estabilidad a la factoría.

## **2009 –2010**

El 3 de marzo en el Salón Internacional de Ginebra, se presenta, entre una gran expectación, el nuevo Polo A05. El nuevo compacto, que destaca en diseño, calidad, seguridad y respeto al Medio Ambiente, es alabado por prensa especializada, crítica y público.

## **2011–2012**

Este año se abre de nuevo la línea de producción denominada MLD. En agosto de 2011 se empieza con la construcción del nuevo edificio de formación, que pasará a llamarse Volkswagen Academy Navarra. El último Polo de 2011 es el número 353.353, alcanzando así la cifra de producción más alta de la historia de la Fábrica. En Febrero de 2012 comienza la construcción de la nueva nave TTS/KTL, que alberga las instalaciones para el tratamiento de las primeras etapas del proceso de preparación y protección de las carrocerías mediante los procesos de fosfatación y cataforesis.

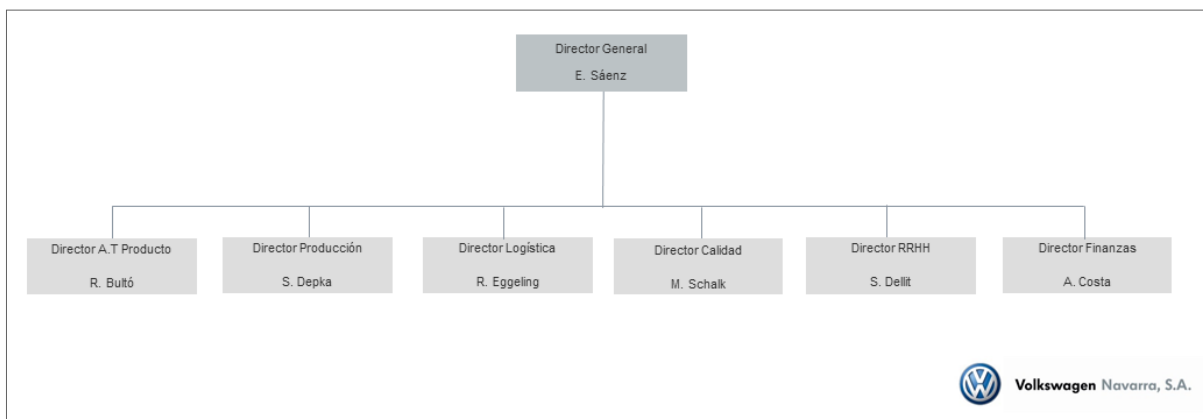
## **2013–2014**

El año comienza con un gran debut de Volkswagen en el Circuito del WRC consiguiendo finalizar en segunda posición en el “Monte”. El 14 de octubre fue el día en el que se terminó la fabricación de las 25.000 carrocerías necesarias para la homologación, según la FIA, de la competición del Polo WRC en el Mundial de Rallyes. El año 2014 comienza con la inauguración del nuevo taller de TTS y KTL, taller de fosfatación y cataforesis, y una nueva estación depuradora. El 5 de febrero, Volkswagen Navarra comienza la producción del nuevo Polo A05 GP. Durante tres meses, esta nueva generación ha convivido con el A05, que dejó de producirse a finales de abril. La comercialización en España del nuevo modelo se inició en mayo.



#### 1.2.4.- Estructura organizativa:

Volkswagen Navarra está dividido en siete Direcciones: Dirección General, Área Técnica de Producto, Producción, Logística, Calidad, Recursos Humanos y Finanzas.



*Ilustración 5. Estructura organizativa Volkswagen Navarra, S.A.*

#### 1. Dirección General

Incluye a la Dirección de Volkswagen Navarra, así como los departamentos de Planificación de Producción y Planificación Industrial.

- **Planificación de Producción:** es el área responsable de la instalación y optimización de los medios técnicos necesarios que aseguren el mejor proceso productivo.
- **Planificación Industrial:** es el área responsable del Sistema de Producción. Comprende las áreas de Ingeniería Industrial (métodos y tiempos de trabajo), Mejora continua – KVP (Workshops y Kaskade para la mejora continua) y New Work Organisation (Trainingcenter - entrenamiento y TPM).

#### 2. Dirección Área Técnica de Producto

Este es el área especializada en el producto: el Volkswagen Polo. Esta Dirección está dividida en los siguientes departamentos: Schablonenbau, Centro de Análisis, Oficina Técnica, Fábrica Líder y VW 250 GP.

- **Schablonenbau:** es el área responsable de mantener la geometría de subconjuntos y carrocerías, así como de la creación y optimización de los útiles, plantillas y herramientas utilizados en los procesos productivos. También es responsable de realizar las pruebas de montaje de piezas de chapa nuevas o tras modificaciones y correcciones. Así como de participar en nuevos modelos en el equipo de montabilidad.
- **Centro de Análisis:** Es el responsable de unificar la operatividad del trabajo en las áreas de producción y calidad, de coordinar la actuación de grupos de trabajo, de dar soporte técnico a las áreas y de analizar problemas.

- **Oficina Técnica:** es el responsable de la recepción y traducción de órdenes de pedidos y modificaciones de producto, así como de la asistencia a producción.
- **Fábrica líder:** es el área responsable de coordinar las actividades de soporte técnico de producto a las demás plantas productoras del Polo (Sudáfrica, India, Rusia y China), así como también del envío de piezas CKD a diversas plantas del consorcio y de piezas Originales a VW Kassel.
- **VW 250 GP:** es el área responsable de la coordinación del proyecto Polo A05-GP en Volkswagen Navarra.

### **3. Dirección Producción:**

Esta Dirección incluye a los talleres de producción: Prensas, Chapistería, Pintura, Montaje Motor, Montaje Vehículo y Revisión Final.

### **4. Dirección de Logística:**

Esta área abarca todas las actividades necesarias para asegurar la disponibilidad del material en tiempo y forma, comenzando por la planificación de la cadena logística, la coordinación de las compras, la gestión de órdenes de producción y el posterior aprovisionamiento y transporte del material a fábrica. Una vez recepcionado el material, se encarga de la gestión del mismo hasta su suministro a la línea y finalmente de la expedición de los vehículos terminados a su destino correspondiente. Está organizada en los siguientes departamentos:

- **Planificación y Optimización Logística:** depende directamente de Dirección de Logística y es responsable de planificar la logística de fábrica. Abarca tanto suministro, como embalajes, valoraciones de costos e inversiones, pliegos de condiciones para la contratación de servicios, etc.
- **Compras Logística Material de Producción:** es responsable de la relación y coordinación con compras material de producción centralizado en Wolfsburg y con los proveedores. Así mismo se encarga de supervisar la contratación de servicios logísticos para suministros a la línea.
- **Programación y Control de la Producción / Distribución:** es el departamento responsable de elaborar el programa de producción y de tramitar las órdenes, es decir, establece el orden en que se van a fabricar los coches. También gestiona la expedición de los vehículos terminados.
- **Aprovisionamiento y Transporte:** es el departamento responsable de la petición y el abastecimiento de piezas y de la gestión y optimización del transporte del material proveedor-fábrica.
- **Gestión de Materiales:** es el departamento responsable de la manipulación y almacenaje del material desde que entra a fábrica hasta que se suministra a Producción.

## 5. Dirección de Calidad:

Esta Dirección es la encargada del seguimiento y aseguramiento tanto de la calidad del producto como de los procesos. Está dividida en los departamentos de Auditoría de coche acabado, Análisis Vehículo, Planificación y Análisis de la Calidad, Calidad Serie, Calidad Fábrica Líder y Calidad Material de Compra.

- **Auditoría Coche Acabado:** es el área encargada de realizar auditorías de coche acabado, auditorías de conformidad y auditorías de cableado.
- **Análisis Vehículo:** en un área compuesta por el Centro de Pruebas, Tecnología de Materiales, Mediciones técnicas y Meisterbock-Cubing y Coordinación.
- **Planificación y Análisis de la Calidad:** es el área responsable del contacto directo con el cliente, de procesar el feedback, gestionar las reclamaciones de garantía y de realizar encuestas de satisfacción.
- **Calidad Serie:** es el área responsable del control de calidad durante todo el proceso de producción, realizar auditorías intermedias en ZP5, ZP5A, ZP4. Además de efectuar auditorías de proceso y dar la liberación de todos los coches para que puedan ser vendidos.
- **Calidad Fábrica Líder:** es el área responsable de integrar el flujo de información con otras plantas fabricantes del modelo POLO (Uitenhage, Pune, Kaluga, Shanghai).
- **Calidad de Material de Compra:** es el área responsable de la calidad e las piezas del proveedor y de las homologaciones de piezas de fabricación propia.

## 6. Dirección de Recursos Humanos:

La Dirección de Recursos Humanos abarca los departamentos de Relaciones Externas y Comunicación, Desarrollo y Estrategia de Recursos Humanos, Personal Service, Medio Ambiente, Seguridad, Servicio de Prevención y Servicio Médico.

- **Relaciones Externas y Comunicación:** Este área es la responsable de la comunicación interna (hacia los trabajadores) y externa (relación con entes externos a la empresa) de fábrica. Abarca, además, el área de Servicios Legales.
- **Desarrollo y Estrategia de Recursos Humanos:** es el área responsable del desarrollo, seguimiento y promoción interna del personal directivo, así como de gestionar la formación para empleados y el programa de prácticas con las Universidades y los Centros de Formación Profesional.
- **Personal Service:** es el área responsable de los procesos de selección, promoción y gestión interna de personal.
- **Medio Ambiente:** es el área encargada de la gestión ambiental de la fábrica.

- **Seguridad:** es el área responsable de la seguridad dentro de fábrica.
- **Servicio de Prevención:** es el área responsable de la prevención de riesgos laborales.
- **Servicio Médico:** es el área responsable de velar por la salud de los trabajadores.

### **7. Dirección de Finanzas:**

La Dirección de Finanzas de Volkswagen Navarra, S.A. abarca los Departamentos de Administración, Controlling y Planificación Financiera e IT-Tecnologías de la Información.

- **Administración:** es la Gerencia encargada de la confección de las nóminas, seguros sociales y liquidaciones de IRPF; de la elaboración de la contabilidad, de acuerdo con las normas españolas e internacionales; de la gestión operativa de las cuentas a pagar y cobrar; de la gestión de los procesos de tesorería y de la liquidez; de la gestión fiscal y aduanera; y de la emisión de los estados financieros de la sociedad.
- **Controlling y Planificación Financiera:** es la Gerencia encargada de la elaboración de la planificación financiera de la compañía a corto y largo plazo en coherencia con los objetivos estratégicos de la Marca Volkswagen; de la realización del análisis de los resultados; de la valoración de los proyectos de inversión y medidas organizativas que aseguren la viabilidad económica de la empresa; y del aseguramiento de la correcta aplicación de las directrices y normativa vigente para el control de la gestión de la sociedad.
- **IT-Tecnologías de la Información:** es la Gerencia encargada del desarrollo, implantación, control y mantenimiento de todos los sistemas informáticos de la empresa; de la infraestructura, tanto de redes (de voz, datos y comunicaciones), Hardware, como de Software Base, necesaria para dar soporte a dichos Sistemas; de la Organización, elaborando todos los manuales y procedimientos generales de la empresa.

- **Estructura organizativa de Análisis Vehículo:**

El proyecto realizado se ha llevado a cabo en uno de los talleres de Análisis Vehículo del apartado de calidad.

Calidad es la dirección responsable del seguimiento y aseguramiento tanto de la calidad del producto como de los procesos. Está dividida en las dependencias de Calidad Fábrica Líder y Proyectos, Auditoría de coche acabado, Calidad Serie, Análisis Vehículo, Planificación y Análisis de Calidad y Calidad Material de Compra.

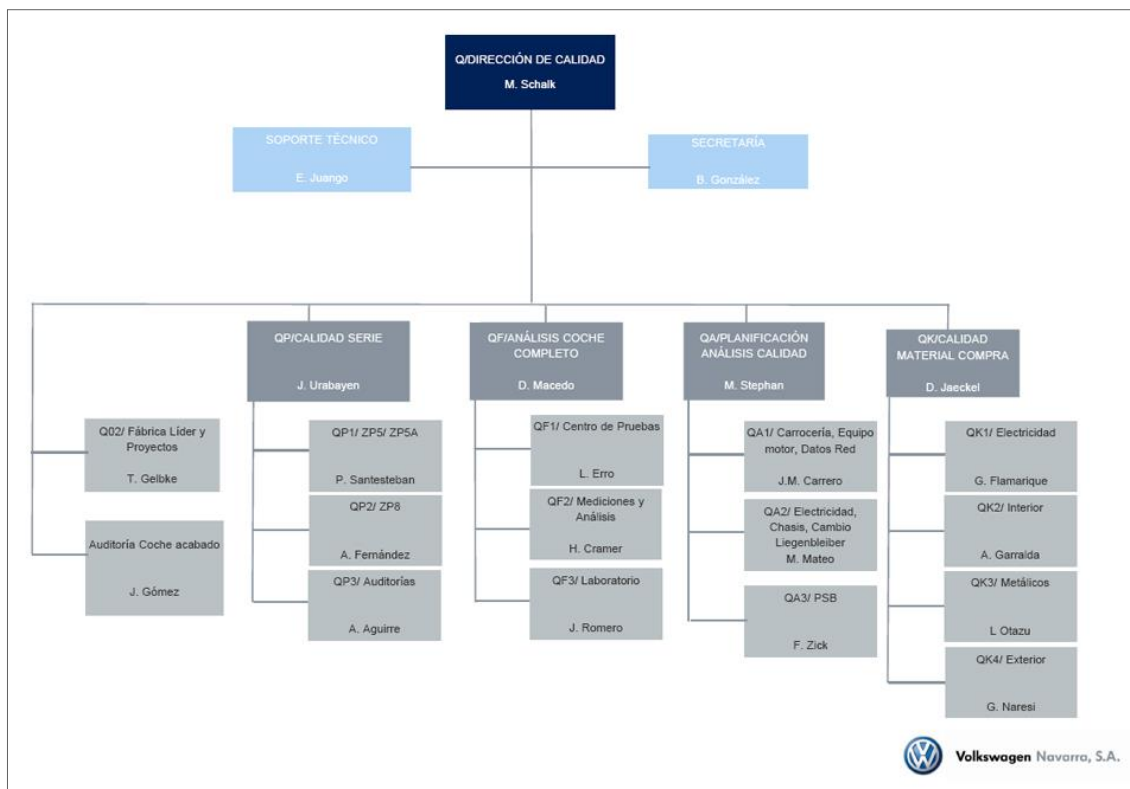


Ilustración 6. Estructura organizativa de Calidad

Es una empresa en la que se da mucha importancia a la separación de tareas y responsabilidades y por lo tanto a definir una estructura organizativa, ya sea general o subestructuras. En una empresa de las dimensiones de Volkswagen Navarra es indispensable y un acierto realizar una estructura organizativa como la señalada en las imágenes.

### 1.2.5.- Producto

El Polo A05 GP fue presentado a finales de enero en Wolfsburg. Esta nueva generación del Polo ha renovado su diseño y es todavía más eficiente y dinámico gracias a una gama de motores completamente nueva.

El modelo incorpora los sistemas más modernos de asistencia al conductor y de infoentretenimiento, ofreciendo así unos niveles de confort y seguridad propios de un segmento superior.

El nuevo Polo no solo evoluciona tecnológicamente en sus motores, sino que también incorpora las últimas tecnologías en sistemas de seguridad y confort únicos en su segmento. Los nuevos faros con tecnología H7, la dirección electromecánica y el sistema de frenado multicolidión vienen de serie con el modelo. De forma opcional, los conductores pueden escoger el nuevo sistema de amortiguación variable, el sistema Front Assist con asistente de frenada de emergencia automática, el sistema de regulación automática de la distancia ACC, la cámara de visión trasera RearAssist y el detector de fatiga.

**-Dirección asistida electromecánica:** La nueva dirección asistida electromecánica se caracteriza por un comportamiento de respuesta y dirección especialmente ágil y preciso, así como por un excelente desacoplamiento de las irregularidades de la calzada.

**-Sistema de frenado anticollisiones múltiples:** Este sistema frena automáticamente el vehículo, una vez se detecta que ha habido una colisión importante, para reducir el riesgo de colisiones secundarias. El conductor sigue teniendo el control sobre el automóvil y puede, en caso de desearlo, ignorar el comando del sistema y cancelar la frenada pisando el acelerador.

**-Sistema detector de fatiga:** Identifica los indicios de cansancio del conductor, avisándole mediante una señal acústica y una recomendación visual de pausa en el cuadro de instrumentos. Si el conductor no detiene el automóvil en un plazo de 15 minutos, el sistema de alerta activará nuevamente la alarma.

**-Chasis Sport Select:** Este chasis ofrece un mayor nivel de confort que los chasis deportivos convencionales. Pulsando la tecla "Sport", el conductor activa una válvula electromecánica situada en los amortiguadores, que le da a la suspensión la rigidez característica de los vehículos más deportivos.

**-Sistema de control del entorno Front Assist:** Este sistema opera mediante un radar, integrado en el frontal, que mide constantemente la distancia con el vehículo que circula delante. En situaciones críticas, pre acciona el sistema de frenos y emite señales acústicas y visuales. Si el conductor no frenara lo suficiente, el Front Assist frenaría de forma automática.

**-Asistente de frenada de emergencia automática en ciudad:** Es una ampliación del sistema Front Assist que se activa a velocidades inferiores a 30 km/h. En caso de riesgo de colisión, pre acondiciona el sistema de frenos y, si el conductor no frena o lo hace insuficientemente, realiza un frenado automático.

**-Control Automático de la Distancia ACC:** Mantiene la velocidad pre ajustada y una distancia de seguridad definida y, dependiendo de la situación del tráfico, acelera o frena automáticamente el Polo. Si se adquiere el sistema ACC, el vehículo necesariamente incluirá el módulo compuesto por Front Assist y asistente de frenada de emergencia en ciudad, pero no a la inversa.



*Ilustración 7. Nuevos asistentes de conducción y tecnologías*



*Ilustración 8. Diseño interior y nuevos sistemas de radio y radio-navegación*

### **Nuevo Polo Blue Motion**

El modelo ejemplar es, una vez más, el Polo TDI BlueMotion de 75 CV, que consigue rebajar aún más el consumo hasta los 3,2 l/100 km y ofrece unas emisiones de CO<sub>2</sub> de solo 82 g/km, también inferiores a las de su predecesor. Se trata del primer motor turbo de inyección directa de un litro y tres cilindros en la gama.

Gracias a esta nueva generación de propulsores diésel y de gasolina, se ha logrado una importante reducción de consumos. En este sentido, el modelo ejemplar es, una vez más, el Polo TDI BlueMotion de 75 CV, que consigue rebajar aún más el consumo hasta los 3,2 l/100 km y ofrece unas emisiones de CO<sub>2</sub> de solo 82 g/km, también inferiores a las de su predecesor. Se trata del primer motor turbo de inyección directa de un litro y tres cilindros en la gama.

Todos los nuevos motores cumplen la norma de emisiones EU6 vigente en Europa. Además, todas las variantes que se comercializarán en España equipan de serie el sistema Start/Stop y el sistema de recuperación de energía de frenado, consiguiendo así altos niveles de ahorro y eficiencia.



*Ilustración 9. Nuevo VW Polo Blue Motion*



### **Nuevo Polo BlueGT**

El Polo GT se ofrecerá inicialmente en tres líneas de equipamiento: Trendline, Comfortline y Highline (Edition, Advance y Sport en España). Posteriormente se comercializarán otras versiones como BlueGT, GTI, BlueMotion y Cross.



*Ilustración 10. Nuevo VW Polo Blue GT*

En España, el equipamiento de serie del Polo Edition incluye llantas de 14 pulgadas, un indicador de control de presión de neumáticos, sistema de radio Composition Color, sistema de frenado anticollisiones múltiples, retrovisores exteriores eléctricos y calefactables, control remoto del cierre centralizado y desactivación del airbag del acompañante. El Polo Advance se amplía con las llantas de 15 pulgadas, la función Easy-Entry, asiento del acompañante ajustable en altura, banqueta trasera partida y suelo del maletero modular, volante de cuero electromecánico y aire acondicionado. La versión superior, el Polo Sport, equipa llantas de aleación ligera de 15 pulgadas, conexión USB y Bluetooth, pantalla multifunción y el nuevo detector de fatiga.

### **NUEVO POLO A07**

El Polo A07, presentado el pasado mes de junio en Berlín, llega al mercado con un diseño exterior completamente nuevo, un interior llamativamente amplio y rediseñado hasta el último detalle, un salpicadero reestructurado para el mundo digital, eficientes motores y una gama de asistentes de conducción habitual en los Volkswagen de mayores dimensiones. Aquí puedes apreciar todos sus detalles.

#### **-Exterior:**

El Polo de la sexta generación se basa, por primera vez, en la plataforma modular transversal para modelos compactos (MQB A0). La influencia positiva de la MQB en las proporciones y en el diseño en general es enorme: las batallas, la longitud exterior y la anchura del Polo han crecido mientras que su altura es prácticamente idéntica. Gracias a esto se crean unas proporciones muy dinámicas y una silueta notablemente más alargada.





*Ilustración 11. Nuevo Polo A07*

**-Interior:**

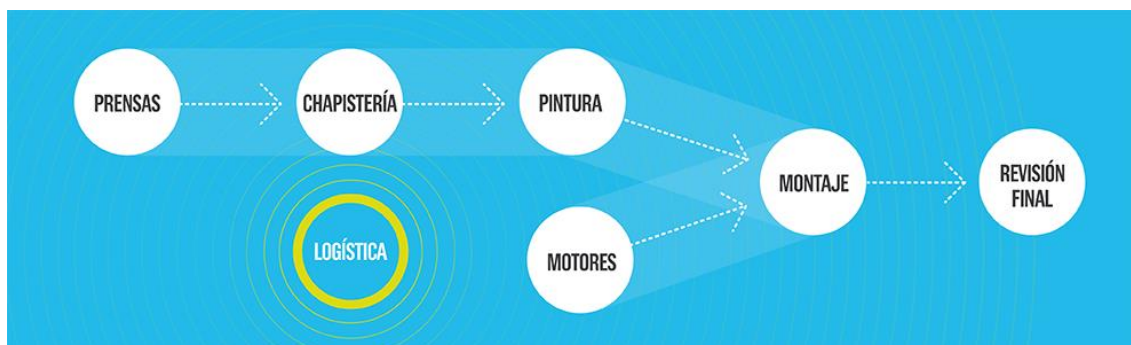
Ofrece claramente más espacio en el interior y un notable aumento del volumen del maletero de 280 a 351 litros.

El equipo de diseñadores del interior del nuevo Polo partía de cero descartando completamente el diseño vertical del salpicadero del modelo anterior para desarrollar una arquitectura horizontal. Como es usual para el interior, esta arquitectura está determinada por los módulos que se incorporan en el salpicadero. En el caso del Polo, los diseñadores se tomaron muy en serio el lema “Form follows Function” (la forma sigue a la función), ya que aquí, en el segmento A0, se abre un nuevo mundo digitalizado.



*Ilustración 12. Interior del nuevo Polo A07*

### 1.2.6.- Proceso productivo:



*Ilustración 13. Representación del proceso productivo*

#### Taller de prensas

El primer paso para iniciar el proceso de producción de un automóvil es la estampación de las piezas de la carrocería. Esta operación se realiza en el Taller de Prensas de Volkswagen Navarra desde el año 1994, cuando comenzó la fabricación del modelo Polo A03. El proceso de estampación comienza con la colocación, en las mesas de cambio, del juego de troqueles en función de la pieza que se quiere obtener. El troquel es la herramienta más importante del Taller, ya que se encarga de embutir, cortar, punzonar y conformar los desarrollos de chapa hasta configurar la pieza definitiva.



*Ilustración 14. Taller de prensas*

#### Taller de Chapistería

En el Taller de Chapistería tiene lugar la unión de las diferentes piezas de chapa procedentes de Prensas y otros proveedores externos para conformar la carrocería del coche. Este proceso tiene lugar en dos talleres, el Taller 1 y el Taller 1B. El primero se dedica a la construcción de la carrocería sin elementos móviles y consta a su vez de dos fábricas con una capacidad de producción de 775 carrocerías diarias cada una. En el taller 1B se ensamblan las partes móviles.

En el Taller 1, un sistema combinado de gancho telescópico y “skid” traslada la carrocería a lo largo del Taller 1. La Línea Skid es una instalación de aproximadamente 1.700 m de longitud consistente en un patín guiado por una mesa de rodillos en sentido longitudinal, y por cintas motorizadas en sentido transversal.

Al final del taller 1 de Chapistería se ensamblan en dos líneas continuas los distintos elementos móviles que se colocan en la carrocería. Ésta fue una de las grandes optimizaciones llevadas a cabo durante el lanzamiento del nuevo Polo. Las instalaciones de elementos móviles, que se encontraban a lo largo de todo el Taller 1B, se montan ahora en una línea continua, consiguiendo, de esta manera, una optimización de espacios y desplazamientos.



*Ilustración 15. Taller de chapistería*

Tras el ensamblaje de la carrocería en el Taller de Chapa, ésta entra en la nave de Pintura colgada en eslingas, un sistema de transporte aéreo por medio de cadenas.

### **Taller de pintura**

El proceso de pintado, uno de los más complejos y delicados en la producción de un automóvil, se divide fundamentalmente en dos fases.

En la primera (Taller2), la carrocería recibe tratamientos que la protegen y hacen resistente a las agresiones externas, con los que se facilita, además, la adherencia posterior de la pintura.

En la segunda fase (Talleres 2A y 2B) se aplican masillas de sellado, el PVC, el color y por último la cera de protección de huecos.

En Octubre de 2006 se cambió el proceso de pintado convencional en base disolvente por el proceso 2010, caracterizado por la desaparición de la capa de imprimación y por la utilización de pinturas al agua.

La capacidad productiva de Pintura es de 1.500 carrocerías/ día.





*Ilustración 16. Talleres de Pintura 2A y 2B*

### **Taller de motores**

El Taller de Motores de Volkswagen Navarra comienza su fabricación en serie en el año 1991, y desde 1994 se incorporan los medios necesarios para montar todo el conjunto motopropulsor (Triebsatz). Cuatro años más tarde se traslada a la nave la Línea de Guarnecido de Puertas procedente del Taller de Montaje.

Con una superficie de 23.400 m<sup>2</sup>, de los cuales 20.475 m<sup>2</sup> se dedican a producción, y una avanzada tecnología, el Taller de Motores es uno de los más modernos de Europa, donde el transporte y la fabricación son seguros y silenciosos. La nave de Motores se estructura fundamentalmente en tres áreas: la Línea de Montaje Motor y los Bancos de Rodaje, la zona de Montaje del Conjunto Motopropulsor (Triebwek) y conjunto Mecánico (Triebsatz) y por último, las Líneas de Guarnecido de Puertas.



*Ilustración 17. Taller de motores, línea Triebsatz y línea de puertas 1 y 2*

## Taller de Montaje

En el Taller de Montaje se completa el vehículo, añadiendo a la carrocería ya pintada los componentes exteriores e interiores elegidos por el cliente. Su construcción se inició en 1979. Esta nave tiene una superficie total de 36.125 m<sup>2</sup> y se trata del taller con mayor número de trabajadores, quienes utilizando una moderna tecnología, son imprescindibles para obtener un producto de calidad dentro de un marco de protección medioambiental y prevención de riesgos laborales.

El proceso comienza cuando la carrocería, que sale secuenciada del almacén del Taller de Pintura, llega al punto de lanzamiento. A partir de este momento incorpora un cartelino donde se especifican las características del vehículo, según la composición requerida por el cliente. Basándose en él, todos los grupos de montaje comienzan a trabajar para el coche reconocido.

El montaje se estructura en cuatro tramos paralelos, por los que el vehículo se traslada suspendido en un pulpo tradicional que discurre a lo largo de una cadena mecánica.

En esta instalación se une la carrocería y el conjunto mecánico del vehículo, formado por el conjunto Triebatz procedente del taller de Motores, el puente posterior, el tubo de escape, depósito de gasolina y anticalóricos.

En las líneas de montaje se utilizan muebles específicos para suministros Justo a Tiempo (JIT). En cada tramo se adapta la altimetría de la línea a cada nuevo proceso de trabajo y así se obtiene una mejora considerable de la postura

En los tramos 3 y 4 se completa el montaje del vehículo, una vez que ya se han unido la carrocería y el conjunto mecánico. A partir de aquí, se le añadirán los últimos elementos antes de que el vehículo arranque y abandone la línea propulsado por su propio motor.



*Ilustración 18. Taller de montaje*

## Taller de Revisión Final

El Taller de Montaje ha dado el coche por terminado. Ya sólo resta probarlo y que Calidad dé su visto bueno. Verificar el correcto funcionamiento de los elementos eléctricos y mecánicos, detectar posibles ruidos y entradas de agua o retocar las posibles anomalías son, entre otros, los cometidos del Taller de Revisión Final.

Con una superficie de 13.602 m<sup>2</sup> y una capacidad para probar 1.550 coches diarios en tres turnos, la nave está dividida en dos zonas de trabajo por las que pasan la totalidad de vehículos. En la primera se hacen diferentes pruebas y ajustes de los componentes del vehículo, y en la segunda se lleva a cabo el retoque de las posibles anomalías detectadas.

La instalación EOBD se compone de cuatro zonas de trabajo: La Zona de Convergencia, Calentamiento, Rodillos y LEP:

- **Convergencia:** se hace un control de la memoria de fallos de todas las centralitas incorporadas al vehículo a lo largo del proceso.
- **Calentamiento:** el vehículo se deja en marcha hasta que alcanza la temperatura suficiente que permita llevar a cabo la prueba de rodillos. Comienza la prueba de frenos con el control de los testigos y del pedal de freno.
- **Rodillos:** la comprobación dinámica del funcionamiento del motor, control del sistema de frenos, control de marchas, control dinámico de válvulas (ABS, EDS, ESP), control del sistema ESP y control dinámico de centralitas se realiza en seis cabinas de rodillos.
- **LEP:** tras el test de Motor el coche es conducido al puesto de LEP. Cada uno controla las variables de motor, chequea las centralitas, y hace un test de contaminación.

Después de pasar por la instalación de EOBD, el coche se somete a diversas pruebas para asegurar su correcto funcionamiento:

- **Prueba de pista:** conducción en condiciones especiales mucho más exigentes que las derivadas del uso que le va a dar el cliente. La pista de pruebas simula diversas situaciones con curvas, rampas y diferentes pavimentos según la pauta marcada por el Área de Calidad.
- **Prueba de lluvia:** simula de forma controlada las condiciones externas a las que la carrocería puede verse expuesta para comprobar que es estanca.

En las cuatro líneas de Revisión Final se lleva a cabo la inspección visual del interior y exterior del vehículo, y se comprueba que el equipamiento real del coche coincida con el pedido efectuado por el cliente.



Asimismo, en este taller existen unos reducidos grupos que realizan los retrabajos mecánicos, eléctricos, de estanqueidad, guarnecido, chapa y pintura, por si fuera necesaria la reparación de alguna anomalía detectada a lo largo del proceso.



Ilustración 20. Revisión final, instalación de control de EOBD y prueba de lluvia

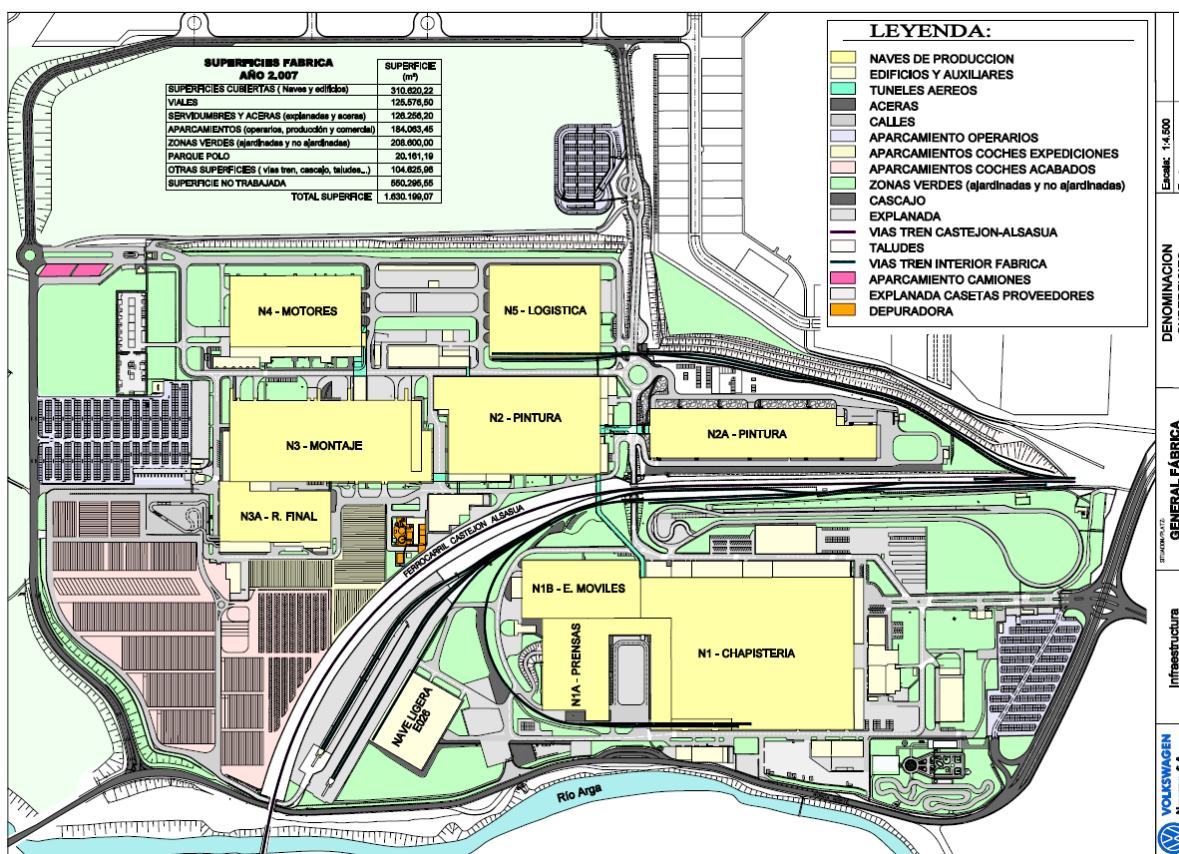


Ilustración 19. Mapa del proceso productivo de Volkswagen Navarra, S.A.

## 2.-INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

### 2.1.- Objeto

El objeto del presente proyecto es establecer las bases para implementar un firme sistema de calibración global de la fábrica, en el que se defina unos procesos de calibración y unos criterios de evaluación universales para todos los equipos y herramientas de la misma.

El proyecto se fundamentará en los estándares de calidad ISO 9001, las normativas internas de Volkswagen y otras normativas referidas a la calibración como las establecidas por el CEM (Centro Español de Metrología).

Será necesario realizar un análisis minucioso de las anteriores bases establecidas para la calibración, y de los procedimientos y criterios llevados a cabo hasta el momento por los responsables de calibración de las diferentes áreas.

### 2.2.- Antecedentes

El presente proyecto fue encargado por los responsables de calibración de la fábrica y el responsable del laboratorio de Análisis Vehículo. Esto se debía a una falta de criterios comunes, procedimientos de calibración estandarizados, y en definitiva unas bases que englobaran todos los asuntos de calibración de la fábrica bajo unas mismas directrices.

A su vez, el proyecto era necesario debido a que se iba a realizar un cambio de programa de base de datos para los equipos y herramientas de la fábrica, por lo que era conveniente realizar una migración correcta y con garantías para futuras operaciones.

Hasta el momento no se había realizado un análisis profundo del sistema de calibración: los procedimientos de calibración, así como de las normativas y criterios establecidos para la aceptación de los equipos.

### 2.3.- Alcance

Es objeto de análisis de este proyecto las responsabilidades procedentes de las materias que encabezan los puntos del mismo, que competen directamente al Servicio de Tecnología de Materiales de Análisis Vehículo de la dirección de Calidad de Volkswagen Navarra, S.A.

Se estudiará todo lo referente a la calibración dentro de la fábrica con el objetivo de analizar la situación actual de la misma en este campo. Sin embargo, escapan de su alcance de estudio aquellas partes que competen a los diferentes centros de coste de la fábrica, donde se realice las calibraciones y el mantenimiento de las piezas según diferentes criterios.



## 3.- PROCESO DE CALIBRACIÓN Y SISTEMA DE COMUNICACIÓN

- **Objetivo:**

El objetivo de la calibración de los equipos y aparatos utilizados en una empresa es asegurar la calidad del producto. Este concepto suele ser confundido y se establece un objetivo para las calibraciones que es el de asegurar el correcto funcionamiento y por tanto asegurar la validez de los valores obtenidos en el uso de los equipos. Obviamente se trata de un error, puesto que hay que asegurar la validez del equipo en función de las necesidades. Este error puede suponer un aumento de los gastos en calibración muy grande.

Este objetivo será el que más tarde nos establezca los criterios para determinar la validez de los equipos.

Así pues, todo equipo cuya medición sirva de base para la decisión sobre la validez de un proceso o producto, debe ser calibrado, bien con un patrón reconocido o con un proceso establecido.

A continuación, se explica detalladamente el procedimiento para la calibración. Este proceso es válido para todos los entes que tengan equipos de medida, ensayo o pruebas susceptibles de ser calibrados.

- **Definiciones y nomenclaturas:**

*-Patrón:* Instrumento de medida o instalación que se emplea como referencia para calibrar medios de pruebas o de trabajo.

*-Medio de prueba o ensayo:* Instrumento de medida o instalación que se usa para verificar piezas o elementos que intervengan en la calidad del coche, en medioambiente, etc.

*-MAXIMO:* Aplicación informática donde está contenido el plan de calibración.

*-QK:* Calidad Material de Compra

*-CC:* Centro de Coste

*-QP:* Calidad Serie

*-PROV:* Proveedor

*-GP:* Planificación de Producción

*-QF:* Análisis Vehículo

*-LC:* Laboratorio de Calibración

*-MTO:* Mantenimiento

- **Responsabilidades:**

Se pueden dividir las responsabilidades en dos grupos: Análisis Vehículo, que es donde se realizan las calibraciones, y los Centros de Coste, diferentes áreas de la empresa donde se les da uso a los equipos y herramientas.

Responsabilidades de Análisis Vehículo (Calibración):

-Calibrar o gestionar la calibración con centros de calibración exteriores de todos los medios y equipos propios.

-Calibrar todos los medios y equipos de otros centros de coste, siempre que se disponga del patrón adecuado y el propietario del equipo no lo tenga.

-Avisar a los centros de coste que no dispongan de MÁXIMO, de las previsiones de calibración.

-Dar altas y bajas del plan de calibración, identificando todos los equipos por medio de una referencia que está compuesta por doce dígitos. Para ello existe un manual de codificación para identificar los equipos, editado y revisado por Análisis Vehículo (calibración), en el que están todas las especificaciones referentes a la codificación.

-Edición de etiquetas de calibración de Volkswagen Navarra, donde se aprecie el código de identificación del equipo y las fechas de las calibraciones última y siguiente.

-Confeccionar y mantener actualizada la matriz de distribución de pautas de calibración.

-Elaboración del informe mensual del estado del plan de calibración de Volkswagen Navarra.

-Realizar las comunicaciones de anomalía cuando un equipo no supere los criterios de aceptación (no apto), no sea entregado a tiempo al laboratorio de calibración para su calibración o no aparezca su ubicación.

Responsabilidades de los demás centros de coste:

-Calibrar todos los equipos propios cuando se disponga del patrón adecuado.

-Calibrar los equipos de otros centros de coste cuando se disponga de patrón adecuado, para evitar el colapso de equipos y herramientas en el laboratorio de calibración.

-Proporcionar al laboratorio de calibración los equipos que deban ser calibrados en el laboratorio de calibración, en plazo, para poder cumplir el plan de calibración.

-Gestionar la calibración con centros de calibración exteriores de todos los medios y equipos propios que no puedan ser calibrados dentro de Fábrica. Los centros de coste que no dispongan de MÁXIMO, enviarán copia del certificado de calibración al laboratorio de calibración (Análisis Vehículo) para su control informático.

-Contestar las comunicaciones de anomalía que sean abiertas por el Laboratorio de Calibración.

-Comunicar al laboratorio de calibración la adquisición de nuevos medios y equipos.

- **Descripción de actividades/Diagrama de flujo:**

Actividades:

-Los equipos de nueva adquisición se deberían comprar calibrados.

-Los certificados de calibración deben tener las siguientes especificaciones: procedimiento de calibración utilizado, patrones utilizados y su trazabilidad, resultados obtenidos antes y después de corrección en caso de que la haya, e incertidumbre de medida final.

-Todos los equipos pertenecientes al plan de calibración estarán identificados, grabados sobre si mismos o por medio de una placa en la que constara el número de referencia. Además, deberán tener la correspondiente etiqueta con las fechas de la última y próxima calibración. Esta etiqueta puede ser de Volkswagen Navarra o externa, si la calibración se realiza por un laboratorio externo, y debe estar colocada claramente visible bien en el equipo o en el puesto de trabajo/instalación.

-A todos aquellos medios de inspección, de trabajo, medición y ensayo en los que sea necesario, se realizara un mantenimiento periódico. Puede coincidir con la frecuencia de calibración, lo puede realizar la misma persona o ser contratado en equipos complejos.

-Todos los medios que estén fuera de uso o de baja, se identificaran con una etiqueta roja con el número de referencia y la fecha en la que se le da de baja o fuera de uso. Si el equipo es grande se podrá acompañar de un cartel en el que ponga "FUERA DE USO", fechado y firmado.

-Definir la frecuencia de calibración en función de: la frecuencia de uso, responsabilidades del control que realiza, instrucciones del fabricante, métodos estadísticos, etc.

Pautas de calibración:

-Las pautas de calibración deben explicar el método de calibración. No es necesario que expliquen el manejo de los equipos a calibrar ni el de los patrones usados en la calibración, para ello habrá unas instrucciones de funcionamiento y manejo independientes de la calibración.

-Las realizará el responsable de la calibración, con la colaboración del usuario y el apoyo de Laboratorio de Calibración.

-Las pautas que afecten a un solo centro de coste serán realizadas y aprobadas por el centro de coste correspondiente y revisadas y numeradas por Laboratorio de Calibración (Análisis Vehículo).

-Las pautas que afecten a más de un centro de coste serán realizadas conjuntamente con los entes afectados, revisadas, aprobadas y numeradas por Análisis Vehículo.

-Las pautas de calibración estarán siempre a disposición de todos los entes afectados y todos los responsables de calibración.

• **Flujograma:**

Responsabilidades

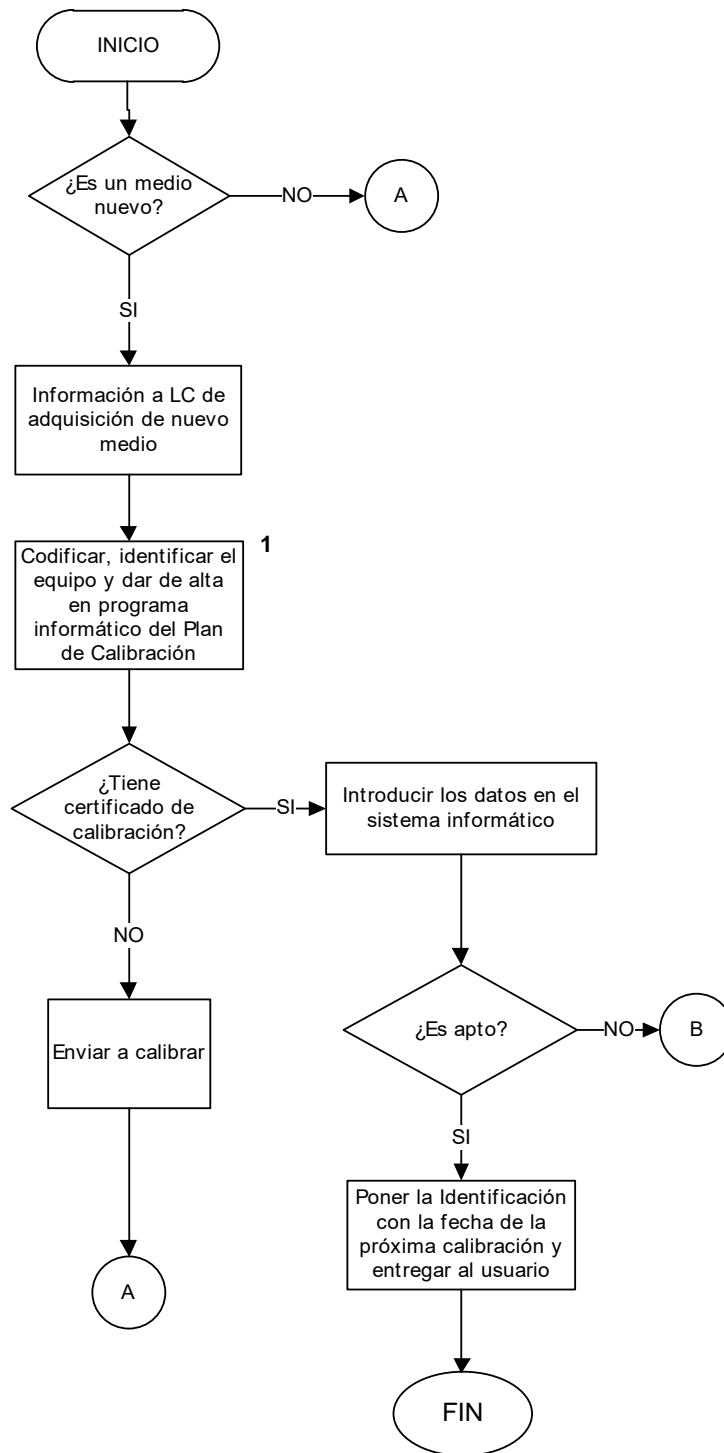
1. CC

2. LC. / QF

3. LC. / CC

4. CC

5. LC / CC



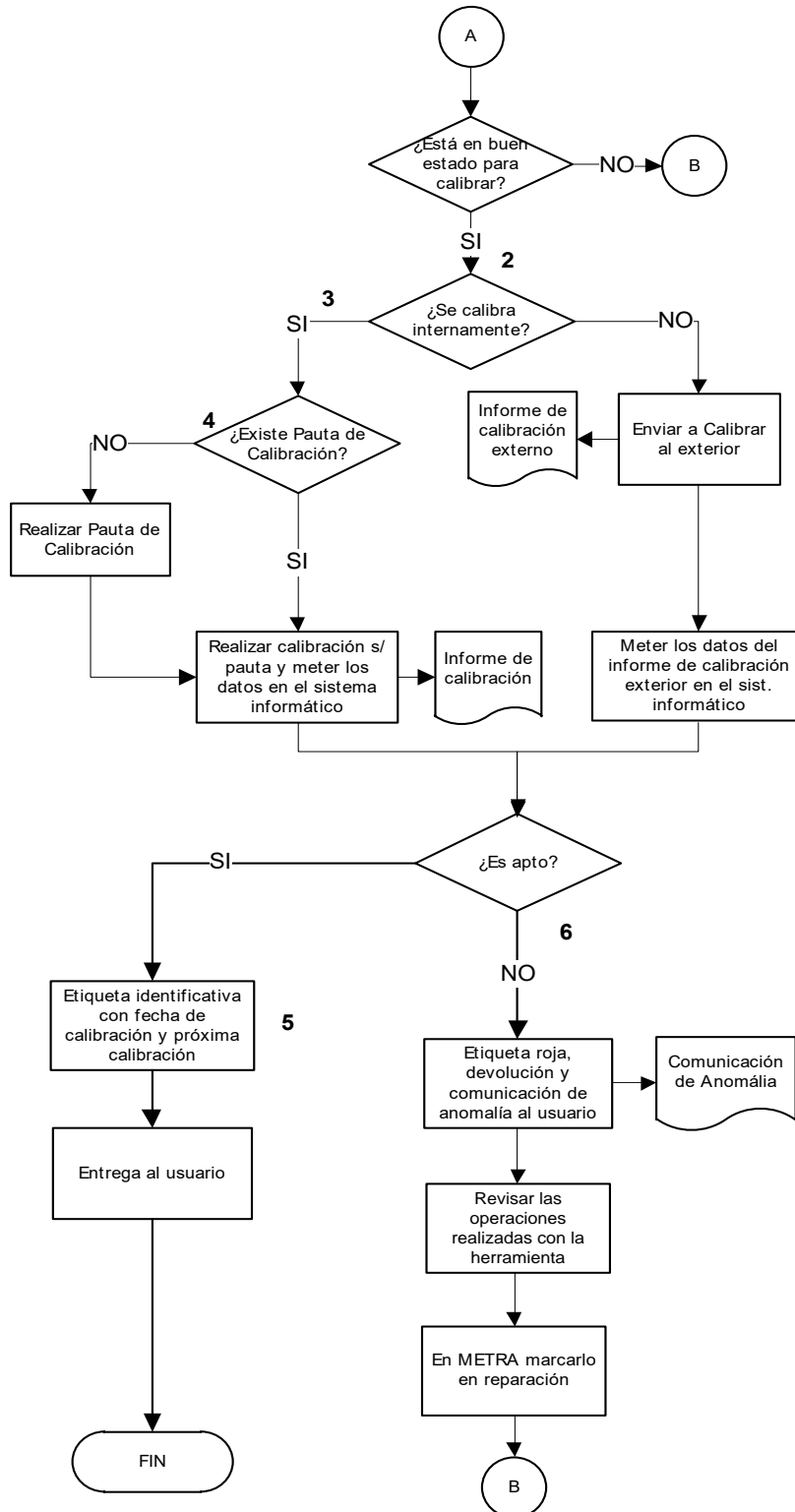
Anotaciones

1. Según manual de codificación

Responsabilidades

6. LC / CC

7. LC



Anotaciones

2. Un medio puede ser llevado a Calibrar por varios motivos:

- Cumplimiento del plan de calibración

- Desajuste imprevisto del medio

- Reparación.

- Puesta en funcionamiento después de un periodo de inactividad

3. Si el medio procede de una reparación borrar la marca en Metra

4. Ver responsabilidades en apartado 4.2

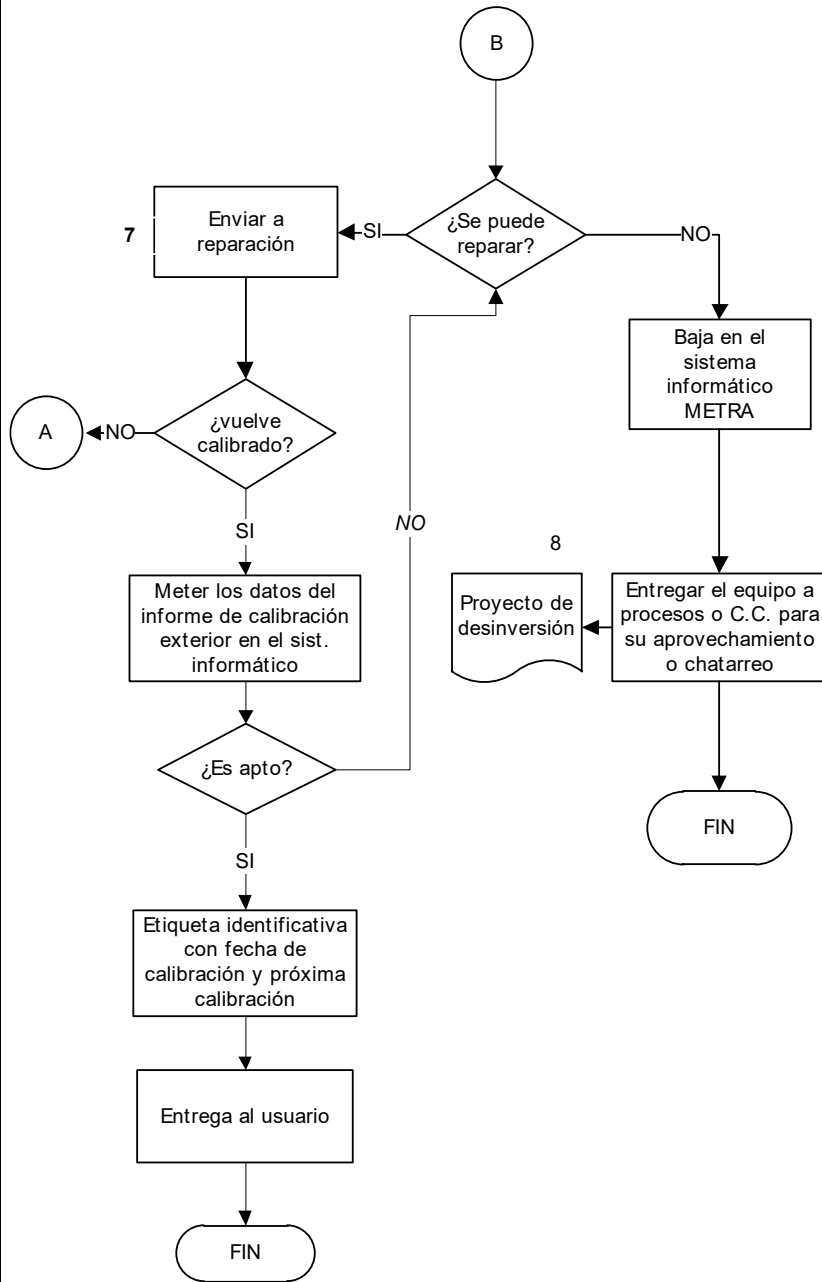
5. El equipo puede ser apto en el 100% de su rango de medida o tener algún tipo de restricción de uso. En tal caso se etiquetará con pegatina amarilla y se hará comunicación de anomalía.

6. Si el equipo no es apto, hay que valorar de la operación que realiza y el responsable del medio tomará las medidas necesarias para evitar que salga producto en mal estado.

En operaciones de seguridad controles que detectan el fallo de la herramienta antes de llegar a la calibración (métodos estadísticos)

Responsabilidades

8. LC/ CC/ MTO



Anotaciones

7. Todos los medios en mal estado deben estar separados de los buenos o señalados convenientemente. La reparación puede ser interna o externa. La gestión la realiza el usuario del equipo. En Metra marcar el equipo en reparación. En el caso de Producción el equipo No Apto será entregado a MTO para su reparación

8. Lo gestionará Procesos o CC

- **Documentos de referencia:**

Los documentos utilizados en el desarrollo de estos procedimientos son los siguientes:

- Normas ISO 9001, 14001 y 50001
- Manual de Calidad
- Manual de Medio Ambiente
- Listado de procedimientos
- Programa informático MAXIMO
- Manual de codificación de medios de prueba y ensayo
- Procedimiento de Uniones atornilladas P3-3.PRC.012
- Procedimiento de Proceso de Chapas atornilladas P3-3.PRC.004

- **Documentos generados:**

Los registros generados en el desarrollo del presente procedimiento son los siguientes:

- Informe de calibración (el formato puede variar según el tipo de equipo).
- Informe de anomalías en equipos de medida P.QF.14.0038 (09.14).
- Certificados de calibración del fabricante o externos.
- Etiquetas identificativas de calibración de cada equipo de medición, pruebas o de trabajo.

- **Indicadores:**

- Grado de cumplimiento de calibración.
- Nº equipos aptos y no aptos.

## 4.- FUNCIONAMIENTO DEL MÁXIMO

El Máximo es el programa utilizado en fábrica mediante el cual se lleva un control del mantenimiento de los equipos y herramientas de la fábrica, mediante el registro de todos y cada uno de los equipos.

Este programa tiene diferentes secciones, como mantenimiento, calibraciones, calidad, etc. Por lo que a este proyecto respecta estudiaremos las operaciones y cálculos que corresponden a la parte de calibraciones.

### 4.1.- Identificación de los equipos

En la sección de calibraciones se funciona de la siguiente manera: se crean unos grupos en los que se definen unas características. Estos grupos se definen como familias y engloban todos los equipos y herramientas de unas mismas características. Así se clasifican todos los equipos de la fábrica según su división de escala, tipo de magnitud (fuerza, temperatura, presión, químicos, dimensionales, etc.), rango de medida (máximo y mínimo de los valores que puede proporcionar el equipo), visualización (digital-analógico), etc.

Todos los equipos de la fábrica deben estar registrados mediante un número de referencia. Para ello se tiene un manual de codificación previamente definido con todo detalle.

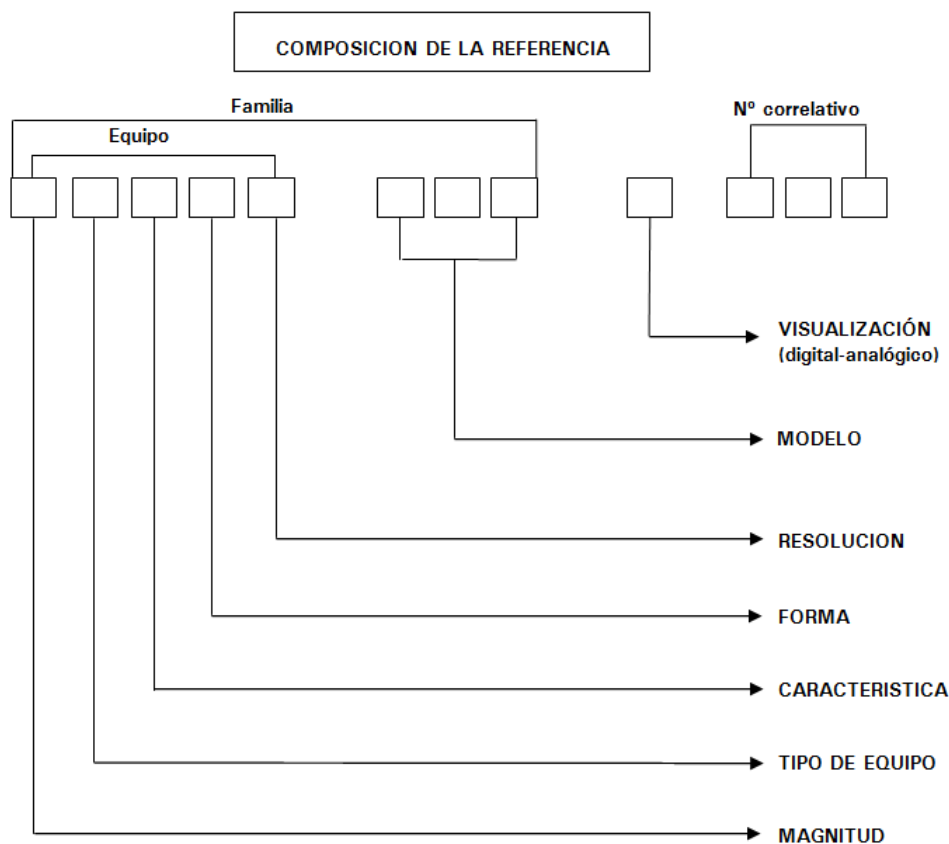


Ilustración 21. Composición de la referencia de los equipos y herramientas

### Significado de los Distintos Dígitos



-Magnitud:

A.- ACUSTICA Y VIBRACION

C.- CAUDAL

D.- DIMENSIONAL

E.- ELECTRICIDAD

F.- MASA Y FUERZA

OP.- OPTICA E ILUMINACION

P.- PRESION Y VACIO

Q.- QUIMICA

TI.- TIEMPO Y FRECUENCIA

T.- TEMPERATURA

VA.- VARIOS

-Tipo de equipo:

Indica dentro de cada magnitud el tipo de equipo o en especiales, el Centro de Costo responsable de calibrarlo.

Ej. Calibres fijos, Micrómetros, Llaves dinamométricas etc.

-Característica:

Indica características particulares de cada tipo de equipo.

Ej. En micrómetros indica si es de exteriores, interiores, roscas etc.

-Forma:

Dependiendo del equipo, éste campo puede no indicar nada (se pondrá un "0") o indicar forma del equipo, forma de medición o en temperaturas indicar si el equipo tiene rango negativo se pondrá un "0", positivo un "1", o negativo y positivo un "2".

-Resolución / Calidad:

Indica la resolución o calidad del equipo.

-Modelo:

En la mayoría de los casos indicará el rango máximo del equipo, según se explica a continuación; con las siguientes excepciones según apartados a) y b).

El valor máximo del rango vendrá determinado por los dos últimos dígitos seguidos de tantos ceros como indique el primer dígito; con la excepción del “9” que indica que los dos últimos están separados por una coma ( , ).

a) Escuadras y Mármoles: El número completo indica las dimensiones.

b) Roscas: En roscas normalizadas el número completo (3 dígitos) indica el tipo, diámetro y paso de la rosca.

#### 4.2.- Cálculos que realiza el programa

Teniendo en cuenta que este programa ha sido implantado recientemente, es conveniente recordar y revisar a fondo los cálculos que realiza el mismo para poder contrastar datos y resultados.

Para esto primero se debe que definir el objetivo y cometido del programa. Para determinar la conformidad o no conformidad de un equipo de medida al realizar una calibración interna, el programa comprueba que el error máximo obtenido está dentro de la incertidumbre máxima admisible fijada en la familia.

***\*Este erro máximo, en la fábrica, se denomina como incertidumbre, aunque técnicamente no lo es.***

Cuando se realiza una calibración se toman los resultados obtenidos a mano, para posteriormente introducirlos al MÁXIMO. Con estos datos el programa realiza unos cálculos para obtener un error final que engloba la incertidumbre expandida (incertidumbre típica combinada\*factor de cobertura k=2) y la corrección.

En función del tipo de equipo o herramienta que se vaya a estudiar, el programa realiza unos cálculos u otros. Estos cálculos se clasifican en tres grupos: Medida directa, Medida diferencial y Medida absoluta.

- **Medida directa:** Equipos con los que se realiza el ejercicio y te muestra el valor del resultado obtenido.

$$I = k \sqrt{\frac{I_0^2}{K_0^2} + S^2 \left( \frac{1}{N} + \frac{1}{n} \right) + \frac{E^2}{12} + \Delta x_{ci}}$$

$I_0$ : Incertidumbre del patrón

$K_0$ : Factor de cobertura del patrón ( $K_0=2$ )

S: Desviación típica

N: Número de medidas

n: Número de reiteraciones en cada medida

k: Factor de cobertura del equipo ( $k=2$ )

E: Resolución del equipo

$\Delta x_{ci}$ : Corrección

\*Los sumandos corresponden a las componentes de incertidumbre del patrón, incertidumbre de medición, precisión, resolución y valor absoluto de la corrección respectivamente.

Donde:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\Delta x_{ci} = \bar{x} - x_0$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

X<sub>0</sub>: Valor nominal

X<sub>i</sub>: Valores obtenidos por el equipo

$\bar{x}$ : Media de los valores obtenidos por el equipo

- **Medida diferencial:** Equipos con los que el valor reflejado se obtiene a través de la comparación con una referencia.

$$I = k \sqrt{\frac{I_0^2}{K_0^2} + \frac{\sum (C_i - C_c)^2}{n-1} + \frac{1}{J} \frac{\sum S^2}{n_1} + \frac{E^2}{12} + C_c}$$

I<sub>0</sub>: Incertidumbre del patrón

K<sub>0</sub>: Factor de cobertura del patrón (K<sub>0</sub>=2)

C<sub>i</sub>: Corrección de cada punto

C<sub>c</sub>: Corrección global

n: Número de puntos por reiteraciones en histéresis

k: Factor de cobertura

S: Desviación típica

J: Nº puntos repetitividad

n<sub>1</sub>: Nº reiteraciones en repetitividad

E: Resolución del equipo

\*Los sumandos corresponden a las componentes de incertidumbre del patrón, incertidumbre de repetitividad e incertidumbre de resolución, y el valor absoluto de la corrección respectivamente.

Donde:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n_1 - 1} \times \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

-Ejemplo:

Histéresis:  $n=5$ ,  $C_i=x_i-x_0$ ,  $C_c$ =media de las  $C_i$

Tabla 2. Histeresis en medida diferencial

Valores nominales ( $x_0$ )	Resultados subida ( $x_i$ )	Resultados bajada ( $x_i$ )
$n_1$		
$n_2$		
$n_3$		
$n_4$		
$n_5$		

Repetitividad:  $J=3$ ,  $n_1=3*5=15$

Tabla 3. Repetitividad en medida diferencial

Valores	$n_{1.1}$	$n_{1.2}$	$n_{1.3}$	$n_{1.4}$	$n_{1.5}$
$J_1$					
$J_2$					
$J_3$					

- **Medida absoluta:** Equipos que tienen un valor único asociado (pesas, galgas, pasa-no pasa, etc.)

$$I = k \sqrt{\frac{I_0^2}{K_0^2} + \frac{S^2}{n}}$$

$I_0$ : Incertidumbre del patrón

$K_0$ : Factor de cobertura del patrón ( $k_0=2$ )

$S$ : Desviación típica

$N$ : Numero de medidas

$n$ : Numero de reiteraciones en la calibración

\*Los sumandos corresponden a las componentes de incertidumbre del patrón e incertidumbre de precisión respectivamente.

## 5.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

Para poder definir unos criterios de aceptación, primero hay que definir la calibración propiamente dicha:

**-Proceso de calibración:** La calibración es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar). Según la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, la calibración es "una operación que, bajo condiciones específicas, establece en una primera etapa una relación entre los valores y las incertidumbres de medida provistas por estándares e indicaciones correspondientes con las incertidumbres de medida asociadas y, en un segundo paso, usa esta información para establecer una relación para obtener un resultado de la medida a partir de una indicación".

El objetivo de la calibración suele ser definido como mantener y verificar el buen funcionamiento de los equipos, responder los requisitos establecidos en las normas de calidad y garantizar la fiabilidad y la trazabilidad de las medidas.

Como bien se indica en la misma definición, la calibración ha de responder a los requisitos, por lo tanto, una definición más justa del objetivo de la calibración sería la de **asegurar la calidad de los procedimientos que aseguren una calidad del producto final.**

Esta diferenciación es importante para resaltar que la calibración tiene que tener como objetivo la calidad del producto, y no la calidad de la herramienta. Esto significa que, aunque no se dé la calidad total de una herramienta o equipo, sí puede asegurarse la calidad del producto, siempre y cuando el equipo cumpla con las exigencias del producto.

Así pues, para definir el equipo como apto para realizar las operaciones, hay que definir unos criterios de aceptación, que se contrastarán con los resultados obtenidos de la calibración.

Habiendo definido previamente estos conceptos, se puede decir que la calibración es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con los valores obtenidos por un patrón de referencia, para luego estudiar la aceptación de estos valores con respecto a las exigencias definidas.

Para establecer unos criterios de aceptación hay varias teorías y ecuaciones que se pueden utilizar en función de los datos de los que se disponga.

Principalmente hay dos formas de establecer un criterio de aceptación, es decir, un error máximo admisible para poder dar como apto un equipo o herramienta y permitir que siga con el funcionamiento habitual correspondiente. La primera es extraer las tolerancias de las normativas según las cuales se realizan ensayos con el equipo en cuestión y mediante una ecuación hallar la incertidumbre, y la otra obtener una incertidumbre en función de la división de escala (apreciación máxima del equipo).

### 5.1.- Relación entre Tolerancia e Incertidumbre:

La tolerancia expresa el margen o campo de valores admisibles de las piezas o elementos que semiden.

El conjunto de las piezas o elementos resultantes de una fabricación queda dividido en tres subconjuntos:

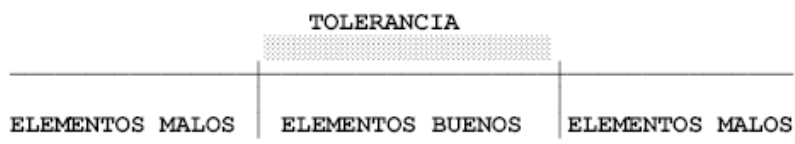


Ilustración 22. Representación de tolerancia

Si la incertidumbre de una cierta verificación es  $I$ , las tres zonas anteriores pasan a ser cinco: Una zona central, donde se tiene la seguridad de que las piezas se encuentran dentro de tolerancia (piezas buenas); dos zonas laterales extremas, donde se tiene la seguridad de que las piezas se encuentran fuera de tolerancia, por defecto o por exceso (piezas malas); y dos zonas intermedias, donde, debido a la incertidumbre de medida, no se puede asegurar si las piezas son buenas o son malas (piezas dudosas):

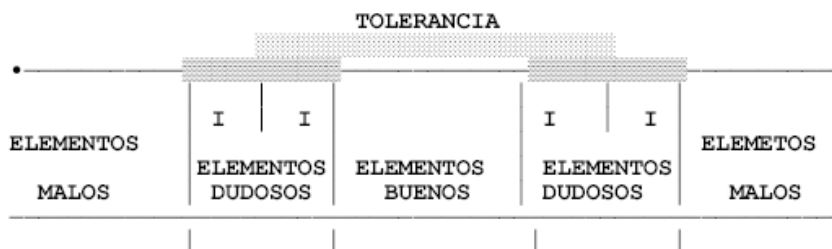


Ilustración 23. Representación tolerancia-incertidumbre 1

Si se rechazan tanto las piezas malas como las dudosas, ya que se debe garantizar que las piezas son buenas, el campo del resultado de medición en donde las piezas son aceptables es igual al de la tolerancia de fabricación, disminuida en el doble del valor de la incertidumbre de medida.

$$T_V = T - 2 \times I$$



Ilustración 24. Representación tolerancia-incertidumbre 2

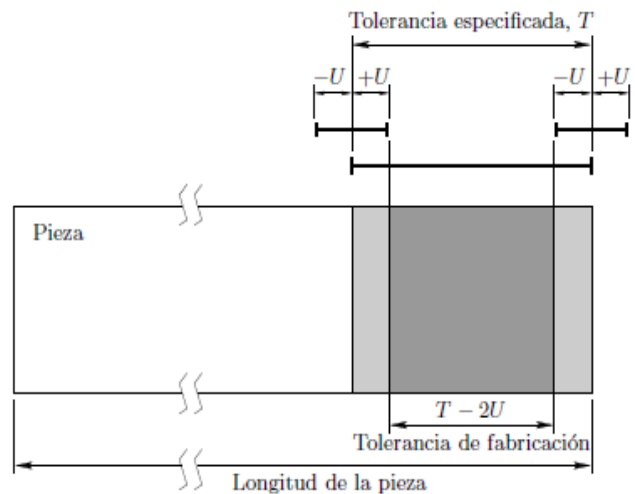
A partir de aquí es donde surge un problema en el que se debe realizar un balance en lo que gastos y costes se refiere:

- La incertidumbre de medida reduce el campo de tolerancias, por lo que será conveniente medir con incertidumbres pequeñas. Esto supone el empleo de instrumentación de alta precisión, lo que equivale a alto coste económico.
- De la otra manera, si se mide con mala precisión (característica cualitativa de la incertidumbre) respecto a la tolerancia a verificar, aumenta el número de piezas dudosas que se rechazan, entre las que con toda seguridad habrá piezas buenas, aumentando por ello los costes.

El porcentaje de piezas correctas que se rechazan por la incertidumbre de medida, es muy inferior al porcentaje de disminución del campo de tolerancias, siempre y cuando la fabricación esté correctamente ajustada sobre el campo de tolerancias (distribución normal). Por ejemplo, en una fabricación unas reducciones del 10% y 33% del campo de tolerancias, proporcionan porcentajes de rechazo del 0,5% y 4,3% respectivamente.

Esto justifica una regla práctica que matemáticamente se enuncia así:

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$



Recomendación:  $3 \leq \frac{T}{2U} \leq 10$

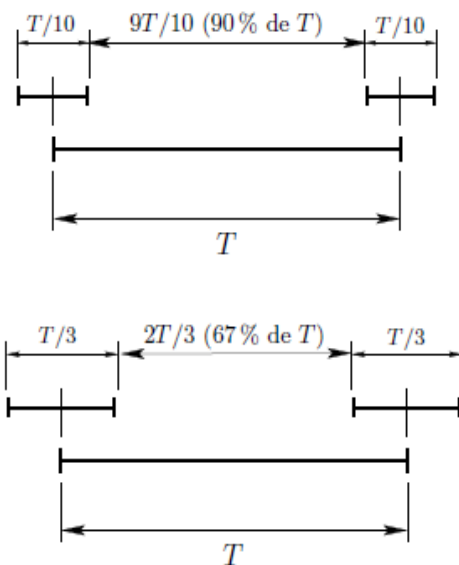


Ilustración 25. Relación tolerancia-incertidumbre



## 5.2.- Relación entre incertidumbre y división de escala:

La división de escala de un instrumento, es una característica del mismo, que está relacionada con su precisión y con su apreciación, siempre y cuando se consideren algunas precauciones al respecto.

Una menor división de escala es una base previa para alcanzar mayores precisiones y viceversa.

Aunque la lectura de un instrumento, no será función únicamente de su precisión, y vendrá condicionada también por la capacidad del operador y las condiciones ambientales; que darán, como consecuencia, la incertidumbre de medida del instrumento.

Para poder establecer los criterios de aceptación de los equipos, en función de la incertidumbre máxima admisible, se establecen primero los límites superior e inferior de la relación entre la incertidumbre y la división de escala o apreciación.

$$I = \frac{D}{2} \rightarrow \frac{I}{D} = 0,5 \text{ (límite inferior)}$$

$$I \gg D \rightarrow \frac{I}{D} = 10 \text{ (límite superior)}$$

Así pues la relación entre la incertidumbre máxima y la división de escala quedara acotada de la siguiente forma:

$$0,5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

Esta relación da una idea de que la lectura de cualquier instrumento con una división de escala determinada será "verdadero" (el exacto no se puede conocer) en el entorno de 0.5 a 10 veces su división de escala.

*Ejemplo: Un micrómetro de exteriores con campo de medida de 0 a 25 mm y división de escala 0.01, nos indica en una medida 12.53 mm. Su incertidumbre podrá estar comprendida entre:*

$$0.5 \times 0.01 = \pm 0.005 \text{ mm}$$

$$10 \times 0.01 = \pm 0,10 \text{ mm}$$

Con lo que la medida realizada con el micrómetro estará comprendida entre 12.535 y 12.525 en el primer caso y 12.63 y 12.43 para el segundo.

En términos prácticos, al realizar la calibración de un micrómetro de exteriores se obtiene una incertidumbre de  $\pm 0,01$  mm, con lo que la medida en el punto 12.53 mm oscilará entre 12.54 y 12.52 mm.

Ocurre también que existen equipos de tipo digital (contadores, polímetro, etc) con un **rango de medida muy amplio** (del orden de 106 veces su división de escala y superior) para una división de escala fija. En estos casos, la incertidumbre del equipo suele variar en función del orden de magnitud en que se están realizando las medidas y, naturalmente, a mayor orden de magnitud mayor incertidumbre para una misma división de escala.

En este tipo de equipos y otros asimilables a ellos se tomarán como valores aceptables para la relación entre incertidumbre y división de escala o dígito menos significativo (D) los dados por la tabla siguiente:

Tabla 4. Relación incertidumbre-división de escala

RANGO DE MEDIDA HASTA	VALOR ACEPTABLE INCERTIDUMBRE
$10^3$ D	$I \leq 10^1$ D
$10^5$ D	$I \leq 10^2$ D
$10^7$ D	$I \leq 10^3$ D
$10^9$ D	$I \leq 10^4$ D

### 5.3.- Relación entre tolerancia y división de escala:

A partir de las dos relaciones anteriores, T e I y D e I, se obtiene la relación tolerancia y división de escala:

Las relaciones extremas posibles entre tolerancia y división de escala:

$$3 \leq \frac{T}{D} \leq 200$$

Las relaciones deseables entre tolerancia y división de escala:

$$10 \leq \frac{T}{D} \leq 60$$

- Límite superior (T/D) = 10

Como criterio de aplicación práctica, cuando tengamos que verificar una determinada magnitud afectada de una tolerancia, el instrumento para realizar tal verificación le elegiremos

de acuerdo con la tolerancia y la división de escala que le corresponda y que en su calibración se haya obtenido una incertidumbre adecuada a la división de escala seleccionada.

## 6.- PERIODOS DE CALIBRACIÓN

La organización debe determinar el seguimiento y la medición a realizar y los equipos de seguimiento y medición necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados.

Debe establecer procesos para asegurarse de que el seguimiento y medición pueden realizarse y se realizan de una manera coherente con los requisitos de seguimiento y medición. Cuando sea necesario asegurarse de la validez de los resultados, el equipo de medición debe calibrarse o verificarse, o ambos, a intervalos especificados, comparando con patrones de medición trazables a patrones de medición internacionales o nacionales.

Para establecer unos periodos de calibración, habrá que apoyarse en un proceso de análisis de la deriva de los resultados de las calibraciones a lo largo del tiempo. Para ello se deben definir antes una serie de conceptos:

**-Exactitud de medida:** proximidad entre un valor medido y un valor verdadero del mesurando. Este concepto da lugar a una corrección de medida.

**-Corrección de medida:** compensación de un efecto sistemático estimado.

**-Precisión de medida:** proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo equipo, bajo unas mismas condiciones especificadas. Este concepto da lugar a una incertidumbre de medida.

**-Incertidumbre de medida:** parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mesurando.

**-Error o incertidumbre total:** es la suma de la corrección de medida y la incertidumbre de medida, donde se engloban todos los factores que pueden alterar el resultado de una medición.



Ilustración 26. Diferencia error-incertidumbre

**-Error o incertidumbre máxima admisible:** es éste concepto el que marcará la aceptación de los resultados obtenidos.

**-Deriva del error:** variación continua o incremental de una indicación (en este caso el error) a lo largo del tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas de un instrumento de medida.

## 6.1.- DETERMINACIÓN DE LOS PERIODOS DE CALIBRACIÓN:

En numerosas ocasiones los periodos de calibración establecidos no se basan en ningún fundamento matemático ni experimental. Es la experiencia de los usuarios de los equipos mediante la cual se determinan.

El hecho de establecer periodos de calibración para los equipos sin un previo estudio de los mismos puede suponer multitud de **calibraciones innecesarias**, así como equipos trabajando en **condiciones inapropiadas**.

Esto se debe a que se estén calibrando equipos que no requieren calibraciones tan frecuentes, o que se esté trabajando con equipos con errores mayores a los máximos admisibles, errores que no se detectan debido a la falta de calibraciones.

Ambas dos situaciones se traducen automáticamente en **pérdidas económicas**, ya sea en forma de realización de calibraciones innecesarias, como en la realización de piezas inadecuadas o erróneas. Por lo tanto, el objetivo debe ser analizar los resultados de las calibraciones a lo largo de los años y anticiparse al fallo del equipo en la medida de lo posible para calibrar los equipos poco antes de que vayan a fallar.

Para establecer los periodos de calibración se tendrán en cuenta 4 técnicas principales existentes, explicadas detenidamente por la **OIML (Organización Internacional de Metrología Legal)**, una organización mundial intergubernamental cuyo objetivo principal es armonizar las regulaciones y controles metroológicos aplicados por los servicios nacionales de metrología u organizaciones relacionadas de los Estados Miembros. Las principales categorías de las publicaciones de la OIML son:

- Recomendaciones Internacionales (OIML R): regulaciones modelo que establecen las características metroológicas requeridas para ciertos instrumentos de medición y que especifican los métodos y el equipo para chequear su conformidad.
- Documentos Internacionales (OIML D): de naturaleza informativa que pretenden armonizar y mejorar el trabajo en el campo de la metrología legal.
- Guías Internacionales (OIML G): de naturaleza informativa que pretenden dar especificaciones para la aplicación de ciertos requisitos en la metrología legal.
- Publicaciones Básicas Internacionales (OIML B): definen las reglas de operación de varias estructuras y sistemas de la OIML.

Los Borradores de las Recomendaciones OIML, los Documentos y las Guías son desarrollados por los Comités Técnicos conformados por representantes de los Estados Miembros, además de ciertas instituciones internacionales y regionales que participan en los procesos de consulta.

Son un gran número de factores los que influyen en el intervalo de calibración:

- La incertidumbre de la medición requerida.
- El riesgo de que un equipo de medición sobrepase los límites del error máximo permitido cuando esté en uso.

- El costo de las acciones correctivas necesarias cuando se determina que el instrumento no estuvo funcionando apropiadamente durante un período prolongado de tiempo.
- El tipo de instrumento.
- Las tendencias de desgaste y deriva.
- Las recomendaciones del fabricante.
- El grado y la intensidad del uso.
- Las condiciones ambientales (condiciones climáticas, vibraciones, radiaciones...).
- Los registros históricos del mantenimiento y servicio.
- La frecuencia de comprobación cruzada respecto a otros patrones de referencia.
- La frecuencia y calidad de los chequeos intermedios.
- Los preparativos y el riesgo del transporte.
- El grado en que se capacita a los usuarios de los equipos.

La selección inicial de los intervalos de calibración se hará en función de algunos de los factores aquí mencionados, puesto que no se tiene experiencia de resultados anteriores al tratarse de un equipo de medición nuevo.

Una vez establecida la calibración sobre una base rutinaria, el ajuste de los intervalos de calibración deberá ser posible con el fin de optimizar el balance entre los riesgos y los costos. El proceso para determinar los intervalos de calibración es un proceso matemático y estadístico complejo que requiere datos exactos y suficientes, recolectados durante la calibración. Es posible que no se obtengan datos óptimos de las anteriores calibraciones y por lo tanto no se pueda hacer un estudio de los mismos y no se puedan sacar datos concluyentes.

Como no existe un método único, apropiado para toda la gama de instrumentos de medición, se tendrán en cuenta 4 técnicas para establecer un proceso para determinar los intervalos.

**Método 1. Ajuste automático o escalonado:** Cada vez que un instrumento es calibrado de forma rutinaria, el subsiguiente intervalo es ampliado si el instrumento se encuentra dentro de, por ejemplo, el 80 % del error máximo permisible que se requiere para la medición, o reducido en caso contrario. El mantenimiento y uso de los registros permitirá conocer posibles problemas en un grupo de instrumentos, indicando la necesidad de una modificación técnica o de un mantenimiento preventivo.

**Método 2. Gráfica de control:** Se eligen puntos significativos de calibración y se grafican los resultados en función del tiempo. A partir de estas gráficas se calcula la dispersión de los resultados y la deriva, siendo la deriva la media obtenida durante un intervalo de calibración o, en el caso de instrumentos muy estables, la obtenida a lo largo de varios intervalos. A partir de estos valores se calcula un intervalo óptimo de calibración.

**Método 3. Tiempo de uso transcurrido:** Este método es una variante de los anteriores. El método básico permanece igual, pero el intervalo de calibración se expresa en términos de horas de uso, en lugar de meses calendario. Para ello el instrumento debe estar provisto de un indicador de tiempo de operación transcurrido y se envía a calibrar cuando el indicador alcanza un valor especificado.

La ventaja de este método es que se lleva un seguimiento del uso del equipo con una mayor precisión, y el costo de calibración varía directamente con el tiempo de uso del instrumento.

**Método 4. Chequeo en servicio o con una “caja negra”:** Es una variante de los métodos 1 y 2, y es apropiado para instrumentos complejos. Los parámetros críticos se chequean frecuentemente con una herramienta portátil de calibración o con una caja negra diseñada específicamente para chequear los parámetros seleccionados. De esta manera se pueden encontrar valores del equipo fuera del error máximo permisible y enviarlo a una calibración completa.

La ventaja principal de este método es que permite una disponibilidad máxima para el usuario del instrumento, y proporciona una certeza continua del correcto funcionamiento del equipo.

**Otros enfoques estadísticos:** Métodos basados en el análisis estadístico de un instrumento o tipo de instrumento individual. Son viables cuando se calibran un gran número de instrumentos idénticos. Los intervalos de calibración podrían ser revisados con la ayuda de estos métodos estadísticos.

Comparación de los métodos:

*Tabla 5. Comparación de metodos para el periodo de calibración*

	Método 1 "Escalera"	Método 2 "Carta Control"	Método 3 "En Uso" Tiempo	Método 4 "Caja Negra"	Método 5 Otros Enfoques estadísticos
Confiability	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio
Esfuerzo de Aplicación	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Alto
Equilibrio de Carga de Trabajo	Medio	Medio	Malo	Medio	Malo
Aplicación con respecto a desviaciones particulares	Medio	Bajo	Alto	Alto	Bajo
Disponibilidad de Instrumentos	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio

## 6.2.- PROCESO PARA ESTABLECER UN PERIODO DE CALIBRACION:

Se va a establecer los periodos de calibración basándose en la deriva de la mayor de las incertidumbres obtenidas en cada calibración. Para ello hay que disponer de los informes de calibración, de los laboratorios a los que se haya enviado a calibrar cada equipo, de varios años atrás de tal manera que se permita extraer datos concluyentes.

Para establecer un periodo de calibración se seguirán los siguientes pasos:

- **Recolectar datos y construcción del diagrama:**

El primer paso es realizar un diagrama que represente la incertidumbre del equipo respecto del tiempo. En el eje vertical se representará los valores de incertidumbre o error máximo permisible y los valores de incertidumbre o error más críticos de cada año, mientras que en el eje horizontal se representará el transcurso de los años.

*Ejemplo:*

*Incertidumbre máxima permisible=1*

*Incertidumbre año 1 = 0.1*

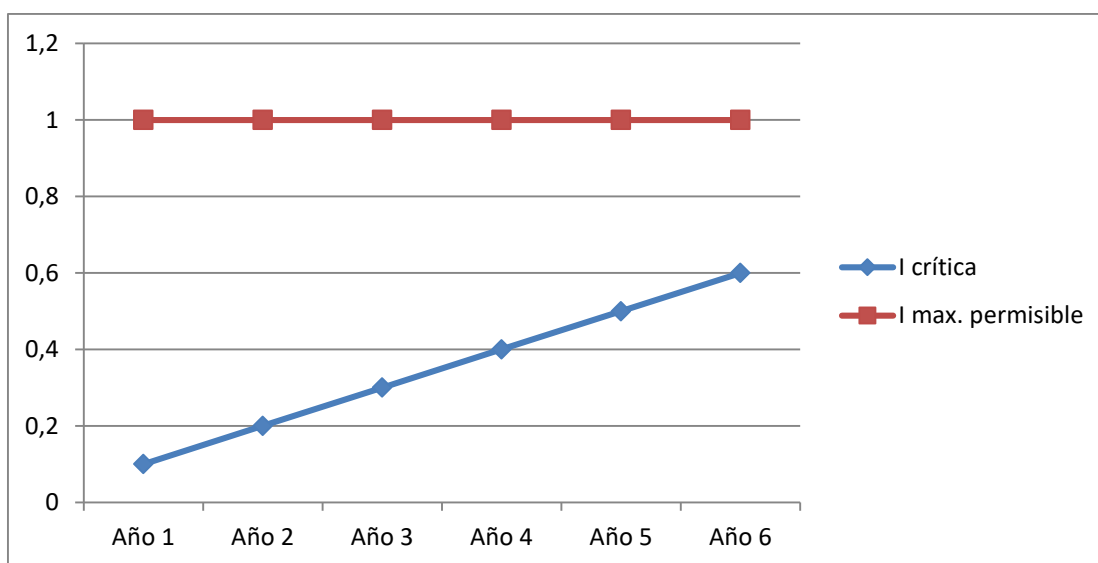
*Incertidumbre año 2 = 0.2*

*Incertidumbre año 3 = 0.3*

*Incertidumbre año 4 = 0.4*

*Incertidumbre año 5 = 0.5*

*Incertidumbre año 6 = 0.6*



*Ilustración 27. Ejemplo deriva incertidumbre*

*Se observa como la deriva en todos los años sería de 0.1 unidades/año.*



- **Análisis del diagrama:**

El segundo paso a realizar es analizar los resultados del diagrama. Para ello lo primero que hay que apreciar es que los resultados ofrezcan un diagrama estable, en el que se pueda ver una dirección o tendencia de la deriva a lo largo de los años. Si se tiene un diagrama en el que la deriva de la incertidumbre crítica no lleva una tendencia clara no se puede extraer datos concluyentes, y por lo tanto no se puede realizar el ejercicio ya que los resultados carecerían de cierta confiabilidad y validez.

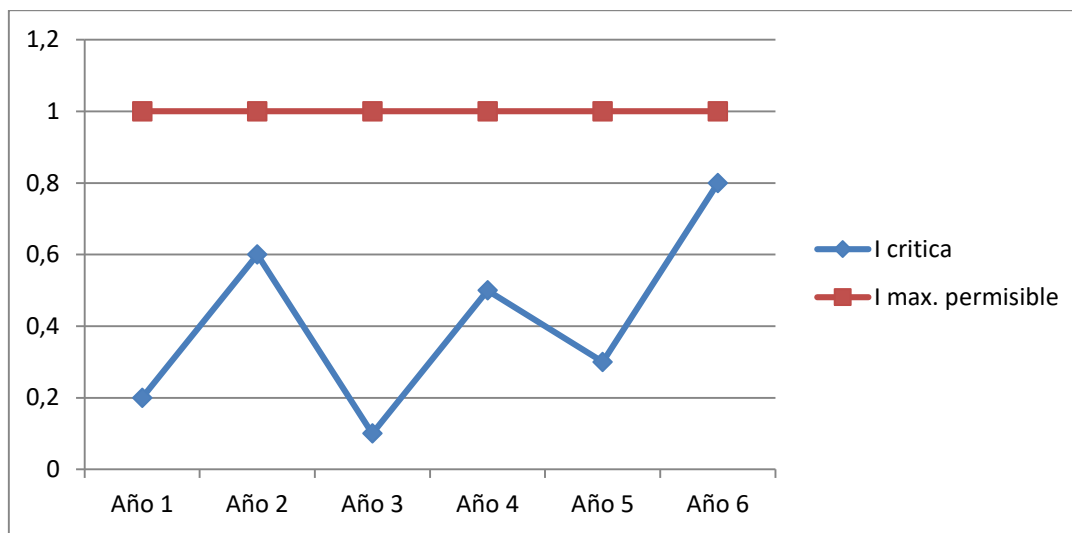


Ilustración 28. Ejemplo diagrama inestable de deriva de incertidumbre

En este diagrama no se podrían sacar resultados concluyentes debido a la variación de la deriva, donde unos años es positiva y otros negativa con magnitudes grandes en relación al error máximo permisible. Si se tiene este mismo caso, pero los valores varían muy poco como en el siguiente diagrama, sí se podrá establecer un periodo de calibración.

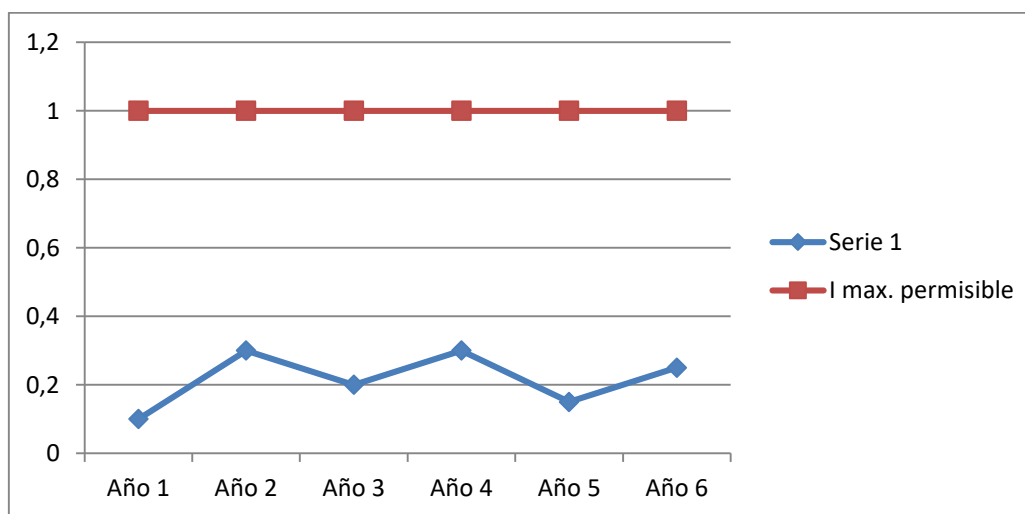
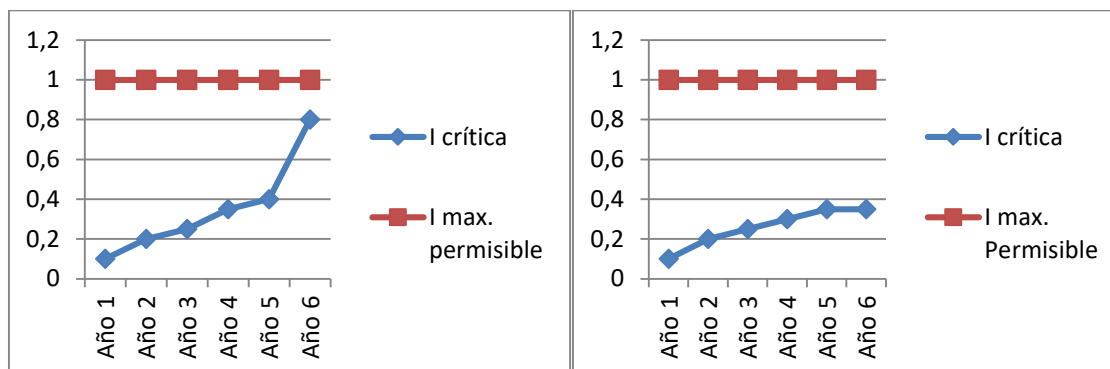


Ilustración 29. Ejemplo diagrama estable de deriva de incertidumbre

Si se tiene un diagrama estable en el que se aprecia una tendencia clara de la deriva de la incertidumbre se procederá a realizar los cálculos para establecer un periodo de calibración para el equipo.

Primero hay que hallar una deriva que será la mayor de las siguientes: la deriva desde la última calibración y la media de las derivas obtenidas en n calibraciones. De esta manera se puede asegurar el no utilizar una magnitud de deriva muy inferior a la más reciente.

*Ejemplo:*



*Ilustración 30. Ejemplo deriva de la ultima calibración*

En la primera gráfica se aprecia cómo la deriva entre las 2 últimas calibraciones es mucho mayor que la de los años anteriores, por lo tanto, para establecer un periodo de calibración se usará esta deriva. En la segunda gráfica se ve que no hay deriva entre las 2 últimas calibraciones, y no por ello hay que establecer un periodo de calibración infinito, de manera que para establecer un periodo de calibración se usará la media de la deriva de n calibraciones atrás.

*Tabla 6. Ejemplo deriva de la última calibración*

	I crítica	I max. permisible
Año 1	0,1	1
Año 2	0,2	1
Año 3	0,25	1
Año 4	0,35	1
Año 5	0,4	1
Año 6	0,8	1

	I crítica	I max. Permissible
Año 1	0,1	1
Año 2	0,2	1
Año 3	0,25	1
Año 4	0,3	1
Año 5	0,35	1
Año 6	0,35	1

En la primera grafica se tendría una deriva de 0,4 unidades/año y en la segunda una deriva de 0,042 unidades/año.

- **Cálculo del periodo de calibración:**

Para calcular el periodo de calibración se utilizará la técnica de anticiparse al fallo del equipo, es decir, intentar deducir en qué momento el equipo va a dar resultados de error por encima

del permitido. Como se especifica en el método 1, se va a tomar un margen de seguridad, de manera que se realicen las calibraciones de los equipos antes de que los resultados de las mismas alcancen el 80% del error máximo permisible.

Con estas especificaciones se realiza una ecuación para obtener un intervalo de calibración óptimo para cualquier equipo, que será el cociente entre la diferencia del 80% de la incertidumbre o error máximo permisible y la incertidumbre obtenida en la última calibración, y la deriva. Así la ecuación queda de la siguiente forma:

$$T = \frac{0,8 \times I_{max} - I_{ultima}}{Deriva} \text{ (Años)}$$

T: Periodo de calibración

$I_{max}$ : Error o incertidumbre máxima permisible

$I_{ultima}$ : Incertidumbre obtenida en la última calibración

Deriva: Especificado anteriormente

Los términos contenidos en el numerador vienen expresados en unidades de incertidumbre, mientras que el denominador (deriva) viene expresado en unidades de incertidumbre/año, por lo tanto, el periodo se expresará en años.

**Hay que tener en cuenta que en el eje horizontal de la gráfica se expresarán el número de calibraciones y que estas pueden tener un intervalo diferente de un año. Por lo tanto, habrá que realizar los ajustes que sean necesarios para expresar la deriva en años y no en calibraciones.**

## 7.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS VOLKSWAGEN

Para poder llevar un seguimiento de los equipos de fábrica, se registran todos los datos principalmente de **identidad, mantenimiento y las calibraciones** llevadas a cabo. Estos datos se registran en un programa informático que cumple las funciones de almacenar, organizar y agrupar los datos de los equipos además de realizar cálculos estadísticos para las calibraciones.

De esta manera se lleva un buen seguimiento del equipo desde que entra en fábrica, ya sea con calibración del fabricante o realizada en fábrica, hasta que se da de baja, recogiendo todos los datos de la vida en fábrica del equipo.

En lo que a las calibraciones se refiere, tras la calibración, se recogen las medidas y resultados obtenidos y se calcula un valor que engloba la incertidumbre de medida y la corrección del equipo. Así, se establecen unos criterios de aceptación para los equipos, y tras comparar con los resultados obtenidos de la calibración se estudia la validez del mismo.

**Este análisis que se va a llevar a cabo se divide en dos partes: uno general de las herramientas más comunes ubicadas en los demás centros de coste, y otro más específico de las herramientas y equipos del laboratorio de análisis vehículos.**

En la primera parte se tendrá en cuenta **normativas referidas a las herramientas y la apreciación**, y se estudiará los criterios de aceptación de grupos de equipos con características similares, así como los procedimientos de calibración.

En la segunda se tendrán en cuenta las **normativas según las cuales se rigen los ensayos** realizados con los equipos, apreciación, los criterios e indicaciones de los usuarios, etc. Se estudiará los criterios de aceptación, y para los equipos cuya calibración se hace externamente, los puntos a calibrar y los periodos de calibración.

Todos los equipos se organizarán en función de la magnitud de medida: temperatura, dimensional, fuerza, óptica, presión, química y un último grupo llamado "Varios", con magnitudes de medida diferentes.

El objetivo de esta parte del proyecto es revisar y analizar los registros de los datos de los equipos de fábrica, así como los procedimientos, criterios y cálculos a los que están sujetos los equipos. Revisar los criterios de aceptación y realizar una renovación de los mismos. Revisar y cuestionar los procedimientos de calibración llevados a cabo, la elección de los puntos de calibración y los periodos de calibración.

## 7.1.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE FÁBRICA

### 7.1.1.-MANÓMETROS:

#### **Procedimientos de calibración:**

##### 1-Secuencias posibles de calibración:

El proceso de calibración para los manómetros seguirá las siguientes secuencias:

- 1) Comprobación inicial en tres puntos 1/3, 2/3 y 3/3 del manómetro, para comprobar cómo se encuentra el instrumento desde su última calibración y nos indicara si es necesario un ajuste.
- 2) Ajustes cuando sean necesarios y el propietario de la herramienta lo autorice.
- 3) Calibración.

##### 2-Definición de los puntos de medida:

La calibración en este caso deberá contener todo el rango del instrumento, con al menos 5 puntos regularmente espaciados, a menos que el titular de la herramienta especifique los puntos de calibración.

##### 3-Calibración:

Con el generador o bomba se generará presión hasta alcanzar el primer punto definido de presión, y con el volumen variable se ajustará la presión hasta que la lectura del patrón sea la deseada. Se recomienda fijar la indicación de la aguja del manómetro a los trazos de la escala cuando el manómetro a calibrar sea analógico, o fijar la indicación del patrón cuando el manómetro sea digital.

En el caso de que el manómetro sea analógico, la lectura del mismo se realizara después de haberle hecho vibrar ligeramente para evitar errores producidos por fricciones mecánicas.

La medida será válida siempre que el sistema sea estable y no se observen saltos o variaciones en las indicaciones del patrón.

Se repetirá este paso con los siguientes puntos de calibración, hasta llegar al máxima punto de calibración predefinido.

Finalmente se procederá a realizar el proceso en sentido de presiones decrecientes hasta llegar al cero.

**-Criterios de aceptación:**

Para los manómetros que se encuentran en los diferentes centros de coste no se puede establecer un criterio de aceptación en función de la tolerancia. Esto se debe a que no se utiliza una única normativa, y se realizan todo tipo de ejercicios y ensayos.

Se establece una incertidumbre máxima admisible en función de la división de escala y del tamaño del rango de medida.

$$0.5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

Así la incertidumbre deberá estar comprendida entre 0.5\*D y 10\*D.

Este criterio deja de ser válido para los equipos cuya resolución es muy precisa en comparación con el rango de medida. De manera que para equilibrar esta relación se usará la siguiente tabla con las siguientes relaciones rango-división de escala.

RANGO DE MEDIDA HASTA	VALOR ACEPTABLE INCERTIDUMBRE
$10^3 D$	$I \leq 10^1 D$
$10^5 D$	$I \leq 10^2 D$
$10^7 D$	$I \leq 10^3 D$
$10^9 D$	$I \leq 10^4 D$

Para calcular la relación entre el rango de medida y la división de escala bastará con dividir el valor máximo del rango que comprende los valores posibles del equipo, por la división de escala del mismo.

En el caso contrario, para los manómetros cuyo rango de medida sea pequeño en relación a la división de escala, se le aplicará una incertidumbre máxima admisible de 5\*D.

*\*Excepción: los manómetros que se encuentran en el laboratorio de calidad no están sujetos a este criterio.*

## 7.1.2.-GALGAS:

### **-Procedimientos de calibración:**

#### **1-Preparación de los equipos:**

Para la correcta calibración de estas galgas o láminas de espesores, las condiciones ambientales han de ser buenas y tener buena luminosidad.

Se realizará la revisión del estado de las galgas y una posterior limpieza, teniendo en cuenta que la más mínima adherencia de cualquier materia supondrá una desviación en el resultado obtenido en la calibración, dado que se está trabajando con espesores y precisiones de micras.

En el caso de que las galgas estén en mal estado, se repararan o sustituirán por otras, o se eliminaran, comunicándolo al usuario.

También se realizará la revisión y limpieza de los palpadores del micrómetro o de la maquina medidora de una coordenada horizontal.

#### **2-Calibración:**

Se realizarán entre 5 y 10 reiteraciones en cada galga o lámina.

En las galgas que así lo indique las mediciones se realizarán en la zona marcada. En las que no lo indique se repartirán por toda la zona útil de trabajo. Aproximadamente la mitad de ellas se efectuarán en los bordes, y las restantes en el centro de la galga.

##### **2.1-Calibración con medidora de una coordenada horizontal:**

Se empleará siempre que sea posible, por su mayor precisión. Se utilizará el palpador plano en el cabezal fijo, y el palpador de bola en el cabezal móvil.

La fuerza de medida estará comprendida entre 1 y 2 N, dependiendo del material de la galga, y la puesta a cero se realizará aproximando el palpador móvil al fijo, aplicando una fuerza de 2 N.

##### **2.2-Calibración con micrómetro:**

Se utilizará un micrómetro de exteriores con apreciación milesimal, y podrá emplearse únicamente para desviaciones mayores o igual a 10 micras.

La puesta a cero se realizará aproximando los palpadores hasta el contacto entre ellos. Una vez estén en contacto se girará suavemente por medio del embrague aproximadamente una vuelta.

Las mediciones se realizarán de la misma manera, girando el embrague del micrómetro una vuelta después del contacto entre los palpadores.



**-Criterios de aceptación:**

Lo primero que se debe hacer es cambiar la definición de las galgas o láminas de espesores.

Hasta ahora estaban predefinidas como medida absoluta-otros. De esta manera establece un criterio de aceptación en función de unas tolerancias inferior y superior. No se sabe exactamente qué significado tienen los valores medidos en esas casillas (tol. Inf. y tol. Sup.).

Para poder acogerse al siguiente criterio de aceptación\* se deben predefinir como medida absoluta-bloques patrón. Así se establece un criterio de aceptación en función de la diferencia máxima admitida del valor nominal respecto a la media de las mediciones obtenidas en la calibración, es decir, en función de la corrección.

\*Criterio de aceptación para las láminas de espesores o galgas:

-Se establecen unas desviaciones máximas admisibles en función del espesor nominal y de una calidad, previamente definida según el carácter experimental.

*Tabla 7. Calidad de las láminas de espesores según espesor*

CALIDAD	ESPESOR NOMINAL (mm)	$\Delta D_{\max}$ ( $\mu\text{m}$ )
1	$0.005 \leq X_0 < 0.5$	5
1	$0.5 \leq X_0 \leq 2$	10
2	$0.005 \leq X_0 < 0.5$	10
2	$0.5 \leq X_0 \leq 2$	20

Se definen las láminas de espesores (plástico transparente) como de calidad 1, y las galgas metálicas como de calidad 2.

También se establece una diferencia máxima admisible entre los espesores máximo y mínimo de los existentes,  $\Delta F_{\max}$ :

$$X_{\max} - X_{\min} \leq 0.01 \text{ mm}$$

Periodos de calibración:

En el mismo informe donde aparece la tabla anterior (Sistema de Calibración Industrial), se establecen unos periodos de calibración en función de la calidad de los equipos a calibrar.

Calidad 1: 36 meses

Calidad 2: 24 meses

Ejemplo en METRA:

<b>Tipo de Medida</b>		Absoluta	Otros				
<b>Arch. Proc. Calib</b>	D2701	<b>Editar</b>		<b>Coste</b>			
<b>Procedimiento</b>	I3-4.QF0.D2701						
<b>Código Informe</b>							
Posibilidad de Medida		Unidades	Nominal	Tol.Inf.	Tol.Sup.	LMáx(±)	Deriva
▶	ESPESOR 24.5 MICRAS	mm	0,0245	0,001	0,001		
	ESPESOR 25 MICRAS	mm	0,025	0,001	0,001		
	ESPESOR 25.5 MICRAS	mm	0,0255	0,001	0,001		
*							

Ilustración 31. Familia predefinida como absoluta-otros/METRA

Familia predefinida como absoluta-bloques patrón:

<b>Tipo de Medida</b>		Absoluta	Bloques patrón				
<b>Arch. Proc. Calib</b>	D2701	<b>Editar</b>		<b>Coste</b>			
<b>Procedimiento</b>	I3-4.QF0.D2701						
<b>Código Informe</b>							
Posibilidad de Medida		Unidades	Nominal	Calidad	D Máx.	F Máx.	Deriva
▶	ESPESOR 24.5 MICRAS	mm	0,0245		0,001	0,001	
	ESPESOR 25 MICRAS	mm	0,025		0,001	0,001	
	ESPESOR 25.5 MICRAS	mm	0,0255		0,001	0,001	
*							

Ilustración 32. Familia predefinida como absoluta-bloques patrón/METRA

Ponemos los valores correctamente en cada casilla:

<b>Tipo de Medida</b>		Absoluta	Bloques patrón				
<b>Arch. Proc. Calib</b>	D2701	<b>Editar</b>		<b>Coste</b>			
<b>Procedimiento</b>	I3-4.QF0.D2701						
<b>Código Informe</b>							
Posibilidad de Medida		Unidades	Nominal	Calidad	D Máx.	F Máx.	Deriva
	ESPESOR 24.5 MICRAS	mm	0,0245	1	0,005		
	ESPESOR 25 MICRAS	mm	0,025	1	0,005		
⚙	ESPESOR 25.5 MICRAS	mm	0,0255	1	0,005		
*							

Ilustración 33. Familia predefinida como absoluta-bloques patrón corregida/METRA

### 7.1.3.-MICROMETROS Y PIES DE REY:

#### **-Procedimientos de calibración: (Pies de Rey)**

El proceso de calibración se realizará para cada uno de los palpadores de medida de que disponga el pie de rey.

#### **1-Calibración de palpadores de exteriores:**

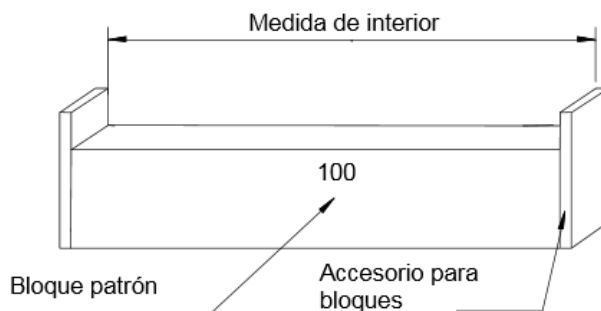
Para calibrar los pies de rey de exteriores se podrán utilizar bloques patrón longitudinales, o bien barras patrón de extremos.

Deberá contarse con los patrones adecuados, de tal manera que se puedan realizar entre 5 y 10 longitudes con las que pueda cubrirse el campo de medida del instrumento, repartidas de forma equidistante entre sí. Dependiendo de la división de escala se realizarán 10 mediciones, si es del orden de 0,01 y 0,02 mm, o menos, si es del orden de 0,05 y 0,1.

Las longitudes de las mediciones podrán conseguirse mediante la suma de bloques patrón, evitando que estos sean más de cuatro. Habrá que tener en cuenta que con la suma de bloques patrón, se sumará también las incertidumbres de cada uno.

#### **2-Calibración de palpadores de interiores:**

Para la calibración de palpadores de interiores se utilizarán bloques patrón longitudinales y accesorios adecuados (topes, bloques patrón, etc.) para lograr materializar longitudes patrón, o bien patrones lisos de diámetro interior.



*Ilustración 34. Calibración de palpadores de interiores*

#### **3-Calibración de la sonda de profundidad:**

Para la calibración de la sonda de profundidad se podrán utilizar bloques patrón longitudinales y accesorios para éstos que permitan materializar profundidades patrón, o bien bloques patrón situados sobre mesas de planitud.

La medida de profundidad estará materializada entre la cara de medida del bloque patrón que queda libre y la superficie de la mesa de planitud.

En la medida de profundidad habrá que asegurar que el instrumento permanezca totalmente perpendicular a la mesa de planitud y que el contacto con la cara del bloque sea completo entre el bloque y la superficie de apoyo del pie de rey.

### **-Procedimientos de calibración: (Micrómetros)**

#### **1-Comprobaciones previas:**

Antes de la calibración ha de compararse la planitud de cada una de las dos caras de medida y el paralelismo entre ellas. La comprobación del paralelismo entre las caras de medida de un micrómetro de exteriores sólo se suele realizar para micrómetros de campo de medida  $C \leq 100$  mm.

Antes de iniciar la calibración propiamente dicha, es recomendable comprobar un posible desajuste del micrómetro de exteriores. Para ello se reiterarán 10 medidas en un punto de la escala libremente decidido, que puede ser el de contacto entre ambos topes en los micrómetros de umbral nulo. La desviación media de las indicaciones del micrómetro al valor del patrón medido determinará la conveniencia o no de efectuar el ajuste de escala.

#### **2-Calibración:**

La calibración propiamente dicha del micrómetro se realizará mediante bloques patrón longitudinales, pudiendo materializarse aquellos valores nominales para los que no se disponga del patrón adecuado mediante unión por adherencia de bloques patrón adecuados.

En función del valor de la división de escala  $E$  del micrómetro de exteriores a calibrar, se trabajará en un número  $I$  de puntos de calibración, con un número  $J$  de reiteraciones de medida en cada punto, no inferiores a los valores de la siguiente tabla:

*Tabla 8. Puntos de calibración y reiteraciones en micrómetros de exteriores*

<b><math>E</math> (mm)</b>	<b><math>I</math></b>	<b><math>J</math></b>
< 0,01	11	10
$\geq 0,01$	6	1 en ( $I-1$ ) puntos 10 en 1 punto

Los valores nominales de los  $I$  puntos de calibración se adoptarán de forma que resulten equidistantes o aproximadamente equidistantes dentro del valor del campo de medida  $C$ .

Según el tamaño del micrómetro se procederá a obtener las indicaciones de calibración; así, con micrómetros pequeños, lo más conveniente es colocarlos en un soporte y calibrar en la modalidad "instrumento fijo / pieza móvil", mientras que con micrómetros grandes, lo más conveniente es colocar el bloque patrón longitudinal sobre una placa metálica, en una mesa de trabajo y calibrar en la modalidad "instrumento móvil / pieza fija".

Una última recomendación consiste en la conveniencia de ir variando la posición de los bloques patrón longitudinales respecto del micrómetro tras cada medida, de forma que para el caso  $J = 10$ , se obtengan 5 en cada una de las posibles colocaciones del patrón respecto de las caras de medida del micrómetro y para el caso  $J = 1$ , esta alternancia se produzca al variar de punto de calibración. Para la manipulación de los bloques patrón longitudinales conviene emplear un paño, a fin de no calentarlos, salvo que el operador trabaje con guantes, lo cual es siempre aconsejable.

**-Criterios de aceptación:**

Estos equipos son también dimensionales, por lo que se seguirá el mismo criterio que para las galgas.

Se establece una incertidumbre máxima admisible en función de la división de escala y del tamaño del rango de medida.

$$0.5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

Así la incertidumbre deberá estar comprendida entre  $0.5 \cdot D$  y  $10 \cdot D$ .

Este criterio deja de ser válido para los equipos cuya resolución es muy precisa en comparación con el rango de medida. De manera que para equilibrar esta relación se usará la siguiente tabla con las siguientes relaciones rango-división de escala.

RANGO DE MEDIDA HASTA	VALOR ACEPTABLE INCERTIDUMBRE
$10^3 D$	$I \leq 10^1 D$
$10^5 D$	$I \leq 10^2 D$
$10^7 D$	$I \leq 10^3 D$
$10^9 D$	$I \leq 10^4 D$

Para calcular la relación entre el rango de medida y la división de escala bastará con dividir el valor máximo del rango que comprende los valores posibles del equipo, por la división de escala del mismo.

*\*En el caso de los pies de rey y los micrómetros es poco habitual tener una relación de rango de medida y división de escala grande, en la gran mayoría de los casos suele ir acorde una con otra.*

## 7.1.4.-TORCÓMETROS O TRANSDUCTORES:

### **-Procedimientos de calibración:**

#### 1-Adaptación del equipo:

La calibración de los torcómetros es una de las más complejas puesto que no se dispone de un equipo para calibrar todos. Para realizar la calibración hay que adaptar una serie de elementos y equipos para la colocación apropiada de los diferentes tipos de torcómetros. El fin de este proceso es colocar una balanza en el extremo del torcómetro para, con unas pesas patrón trazables, poder aplicar un par de fuerza en función de los valores requeridos.

*\*En un futuro se pedirá la adaptación de una serie de elementos para facilitar la colocación de los diferentes tipos de torcómetros.*

#### 2-Calibración:

Antes de realizar la calibración, se conectará el transductor durante 15 minutos, con el fin de evitar errores por falta de estabilidad. Una vez colocada la balanza sobre el transductor, se comienza con la toma de resultados, mediante la colocación de las pesas patrón sobre la misma.

La balanza tiene unas dimensiones de 1 metro desde los extremos hasta el centro, por lo tanto, el valor de la pesa a colocar en ella será el mismo que el del momento para realizar.

Las medidas se alcanzarán siempre aumentando el par (apretando) y nunca disminuyéndolo (aflojando), o bien, se utilizarán las balanzas de precisión en las que, una vez fijado el equipo en el útil preparado para ello, se colocara la balanza y se irán colocando las pesas necesarias para llegar a los nominales prefijados.

Se dividirá el rango de medida entre 5 y 10 partes, procurando que los valores correspondan con la resolución del transductor. Se tomarán entre 5 y 10 valores para cada uno de los puntos de medición y se tomará nota de los resultados obtenidos.

En el caso de los transductores de par y ángulo se procederá de la misma forma en la calibración del par, mientras que para el estudio del ángulo se tomarán 4 puntos entre 0º y 360º, preferiblemente equidistantes 90º, y se efectuarán 5 mediciones en cada uno de ellos tomándose nota de los resultados obtenidos.

**-Criterios de aceptación:**

Para los torcómetros se establece una incertidumbre máxima permisible del 5% del valor nominal de acuerdo con el siguiente criterio.

-Extracto de la norma interna de Volkswagen VW 01110-2:

**5.3 Selección de las posibles herramientas de atornillado**

La selección de la herramienta de atornillado que debe utilizarse en una fabricación en serie puede ser fijada por el departamento de planificación responsable, conforme a los requisitos según la tabla 1. Mediante la selección de las herramientas de atornillado puede alcanzarse una menor dispersión de tensión previa (para más observaciones, véase Pliego de condiciones del Grupo «Sistemas de atornillado controlados»).

**Tabla 1 – Requisito para sistemas de atornillado en la producción y posibles tipos de documentación**

Categoría según VDI/VDE 2862 hoja 1	Propiedad	Requisito mínimo			Tipo de documentación técnicamente posible <sup>3)</sup>
		Emisión de valor real	Emisión de estado	Herramienta de atornillado <sup>4)</sup>	
Cat. A <sup>5)</sup>	supervisada <sup>6)</sup>	X	X	Atomillador con control	M <sub>NA1</sub> o modificación de longitud o M <sub>I</sub> o diagrama de par de giro o M <sub>P</sub>
		X	X	Atomillador a batería con control	
		X	X	Atomillador de impulsos con control	
		X	X	Llave dinamométrica electrónica	
Cat. B <sup>5)</sup>	supervisada <sup>6)</sup>	X	X	véase Cat. A	M <sub>NA1</sub> o modificación de longitud o M <sub>I</sub> o diagrama de par de giro o M <sub>P</sub>
	supervisada parcialmente <sup>7)</sup>	—	X	Atomillador con control, pero solo salida de estado	
		—	X	Atomillador con baterías con control, pero solo emisión de estado	

<sup>3)</sup> La supervisión de los valores M<sub>NA1</sub>, M<sub>I</sub> y M<sub>P</sub> no es suficiente en el caso del montaje por más allá del límite de elasticidad necesaria la evaluación de la curva de atornillado.

<sup>4)</sup> Tolerancia del par de giro ± 15% y tolerancia del ángulo de giro ± 15°. Debe preverse la conexión a línea con relación al producto (válido sobre todo en el caso de herramientas de atornillado sin cable).

<sup>5)</sup> Es posible la utilización en los atornillados de las categorías A y B bajo determinadas condiciones con herramientas no supervisadas de la línea de la categoría C, para más observaciones, véase el apartado 7.5.

<sup>6)</sup> Requisito mínimo véase apartado 7.4.

<sup>7)</sup> Requisito mínimo véase apartado 7.3.

Ilustración 35. Extracto de la norma interna de Volkswagen VW 01110-2 para herramientas de atornillado



Según la norma establecida por Volkswagen VW 01110-2 las herramientas deben tener una tolerancia máxima de 30%.

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{30\%}{2 \times 3} = 5\%$$

### 7.1.5.-HERRAMIENTAS DE ATORNILLADO Y PAR:

En este grupo están la mayor parte de herramientas de la fábrica, como son las **llaves dinamométricas de par de fuerza y los atornilladores o pistolas eléctricas de par**. En cualquier caso, ambas dos cumplen la misma función, proporcionar un par de fuerza a los atornillados y enroscados.

Conseguir una incertidumbre del 5 %, como se ha determinado anteriormente, es muy difícil debido a la trazabilidad de los equipos. En función del patrón que se use para calibrar las herramientas se puede arrastrar una incertidumbre que aumente considerablemente la del equipo.

Por lo tanto, se aceptarán todas aquellas herramientas que no superen el 8% de incertidumbre.

Por otro lado, existe otro criterio extraído de un documento del centro español de metrología (CEM): Procedimientos para la calibración de Herramientas Dinamométricas.

Tabla 9. Desviaciones admisibles para herramientas dinamométricas

Desviación admisible (Tipo I)

Clase <sup>a</sup>	Valor máximo de par	
	≤ 10 N·m	> 10 N·m
A y D	± 6 %	
B, C y E	± 6 %	± 4 %

<sup>a</sup> En el caso de herramientas dinamométricas con medida electrónica (clase C y clase E) y con el valor indicado (clase B y clase D), los valores de la desviación admisible incluyen el error debido a la resolución del visor.

Desviación admisible (Tipo II)

Clase <sup>a</sup>	Valor máximo de par	
	≤ 10 N·m	> 10 N·m
A, B y C	± 6 %	± 4 %
D, E, F y G	± 6 %	

<sup>a</sup> En el caso de herramientas dinamométricas con medida electrónica (clase A y clase D), los valores de la desviación admisible incluyen el error debido a la resolución del visor.

Para las clases C y F la desviación admisible es entre el valor de par de torsión graduado (media aritmética de las 10 lecturas) y el valor de par de torsión indicado.

## 7.1.6.-BALANZAS Y BASCULAS:

### Procedimientos de calibración:

La calibración de estos equipos se realizará **determinando la corrección de calibración, así como su incertidumbre** suponiendo que a la balanza se le va a dar uso para realizar medidas absolutas. Para ello se estudiarán y analizarán las siguientes cuestiones y procedimientos:

#### 1-Repetibilidad de las lecturas:

Es una medida de lo bien que la balanza será capaz de medir de forma repetitiva una masa. Junto con el resto de las pruebas a realizar, asegura que el valor de la masa obtenido es el correcto. Este concepto se expresa normalmente en términos de la desviación típica obtenida de una serie de lecturas repetidas.

La repetitividad deberá realizarse siempre de manera que simule lo más realmente posible la utilización habitual del equipo. Una vez ajustado al cero, colocar y quitar las masas patrón un número de veces, anotando, cada vez que se obtenga la estabilidad, el valor indicado.

#### 2-Efecto de descentramiento de carga:

Este efecto se produce cuando el centro de masas de las pesas a medir no coincide con el centro del platillo, dando lugar a desviaciones o defectos de descentramiento.

Es difícil dar valores que puedan utilizarse para corregir las lecturas de la balanza, porque el efecto, no siempre es lineal con respecto a la carga o la posición. Este ensayo, se realiza para estudiar las diferencias en las lecturas de la balanza, cuando las cargas se sitúan fuera del centro geométrico del plato.

#### 3-Corrección de calibración:

Cuando una balanza se va a utilizar para medida directa deberán comprobarse a lo largo de toda la escala los valores indicados con respecto a un juego de pesas calibradas. Esto servirá para comprobar cuanto se desvía la balanza respecto a los valores nominales y aplicar por tanto las correcciones necesarias.

Esta prueba realiza al menos con 5 cargas de prueba diferentes, distribuidas uniformemente en el alcance de pesada normal (alcance máximo), o en puntos de prueba individuales acordados.

Es necesario que las cargas de prueba estén formadas por patrones de masa adecuados a la clase y características de la balanza.

**Criterios de aceptación:**

Para establecer un criterio de aceptación de las balanzas y basculas de la fábrica, se establecerá una incertidumbre máxima admisible en función de la división de escala y del tamaño del rango de medida.

$$0.5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

Así la incertidumbre deberá estar comprendida entre 0.5\*D y 10\*D.

Este criterio deja de ser válido para los equipos cuya resolución es muy precisa en comparación con el rango de medida. De manera que para equilibrar esta relación se usará la siguiente tabla con las siguientes relaciones rango-división de escala.

RANGO DE MEDIDA HASTA	VALOR ACEPTABLE INCERTIDUMBRE
$10^3 D$	$I \leq 10^1 D$
$10^5 D$	$I \leq 10^2 D$
$10^7 D$	$I \leq 10^3 D$
$10^9 D$	$I \leq 10^4 D$

Para calcular la relación entre el rango de medida y la división de escala bastará con dividir el valor máximo del rango que comprende los valores posibles del equipo, por la división de escala del mismo.

## 7.1.7.-COMPARADORES:

### Procedimientos de calibración:

#### 1-Operaciones previas:

La calibración se realizará en un recinto que disponga de un sistema de control de la temperatura ambiente, que permita garantizar que ésta se encuentra en los intervalos que se incluyen en la siguiente tabla en función de la división de escala del comparador a calibrar. Asimismo, se recomienda que la humedad relativa sea igual o inferior a un 60 %.

*Tabla 10. Condiciones ambientales para la calibración de comparadores*

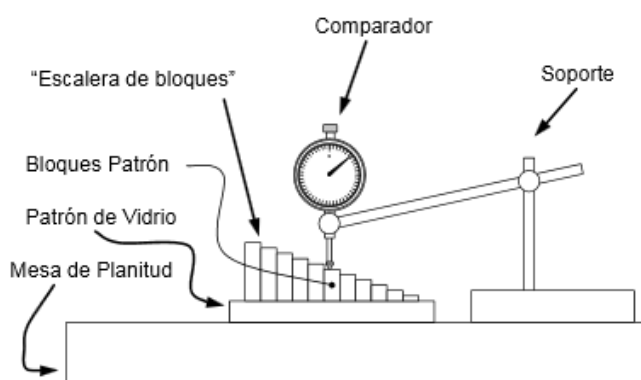
División de Escala E (mm)	Intervalo de temperatura ambiente recomendado
$E \geq 0,001 \text{ mm}$	$(20 \pm 3) \text{ }^\circ\text{C}$
$0,0001 \text{ mm} < E < 0,001 \text{ mm}$	$(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$
$E = 0,0001 \text{ mm}$	$(20 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$

Se realizará una limpieza del comparador seguida de inspección visual del instrumento, comprobando la posible presencia de arañazos, golpes u otros daños que pudieran afectar al correcto funcionamiento del instrumento.

#### 1.1-Calibración con bloques patrón: (Operaciones previas)

Primero se limpiarán los bloques patrón que se vayan a utilizar, así como la superficie de referencia escogida para la calibración.

En el caso de utilizar como superficie de referencia un patrón plano-paralelo de vidrio, los bloques patrón longitudinales se adherirán a éste a través de una de sus caras de medida formando una “escalera de bloques”.



*Ilustración 36. Calibración de comparadores con bloques patrón*

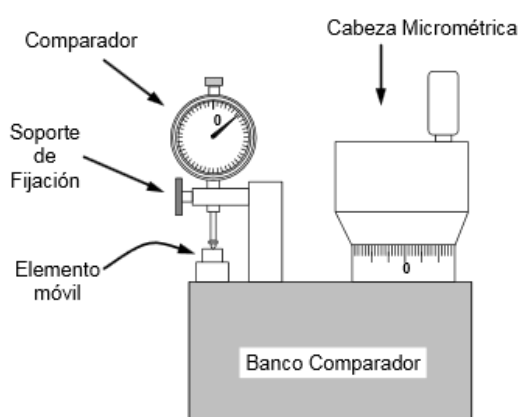
Se colocará el comparador en su soporte en posición vertical, comprobándose visualmente la verticalidad de éste desde dos puntos de vista situados a 90°.

Transcurrido el tiempo de estabilización y con la temperatura y humedad dentro de los límites especificados, se puede proceder a la calibración propiamente dicha (punto 2).

### 1.2-Calibración con banco: (Operaciones previas)

En el caso de recurrir a una calibración utilizando como referencia un banco calibrador de comparadores (por razones de espacio se omiten los aspectos concretos relativos a la calibración con una máquina medidora horizontal):

El comparador se fijará al banco, ajustándose ambos de forma que las lecturas de los dos instrumentos sean aproximadamente cero.



*Ilustración 37. Calibración de comparadores con banco comparador*

Transcurrido el tiempo de estabilización y con la temperatura y humedad dentro de los límites especificados anteriormente, se puede proceder a la calibración propiamente dicha (punto 3).

### 2-Calibración con bloques patrón:

Tres operaciones claramente diferenciadas:

- Determinación de las desviaciones de la escala del instrumento para **desplazamientos ascendentes de lecturas**.

- Determinación de las desviaciones de la escala del instrumento para **desplazamientos descendentes de lecturas**.

- Determinación de la **repetitividad** del instrumento.

Se utilizarán, al menos, N = 11 bloques patrón longitudinales, que permitirán materializar N puntos de calibración, tanto para la escala ascendente como para la escala descendente.

Como bloque “cero” de la “escalera de bloques” se elegirá el de menor longitud. Sobre dicho bloque se ajustará el cero del comparador.

La determinación de las desviaciones de la escala para desplazamientos ascendentes se realizará partiendo de una posición muy cercana al extremo inferior de la escala para, a continuación, ir palpando los diferentes bloques patrón siempre de longitud menor a mayor.

La determinación de las desviaciones de la escala para desplazamientos descendentes se realiza de forma similar. Se partirá de una posición muy cercana al extremo superior para, posteriormente, ir palpando cada uno de los bloques ahora de longitud mayor a menor.

Para los comparadores con división de escala igual o superior a 0,001 mm se realizará un único palpado ( $n = 1$ ) en cada bloque. Para aquellos con división de escala inferior a 0,001 mm se realizarán  $n \geq 3$  palpados en cada bloque, para lo cual se repetirá  $n$  veces el proceso anterior sin volver a poner a cero el comparador.

Para determinar la repetitividad en los comparadores con división de escala igual o superior a 0,001 mm se realizarán dos series de medidas compuestas cada una de ellas por  $m \geq 6$  lecturas. La primera de ellas se obtendrá palpando en el bloque de mayor longitud y la segunda en el bloque de menor longitud.

### 3-Calibración con banco:

La calibración incluye tres operaciones claramente diferenciadas, tal y como se describen en el apartado anterior.

El comparador se calibrará en, al menos,  $N = 11$  puntos de su escala aproximadamente equidistantes entre sí.

Se ajustarán el comparador y el banco de forma tal que ambos proporcionen lecturas muy próximas a cero

La determinación de las desviaciones de la escala para desplazamientos tanto ascendentes como descendentes, se realizará igual que en la calibración con bloques patrón.

Para los comparadores con división de escala igual o superior a 0,001 mm se realizarán dos series de medidas compuestas cada una de ellas por  $m \geq 6$  lecturas. La primera de ellas se obtendrá repitiendo medidas en el punto de calibración de mayor valor y la segunda en el de menor valor.

**-Criterios de aceptación:**

Para la determinar la aceptación de los comparadores, al igual que a la mayoría de equipos y herramientas dimensionales, se establece una incertidumbre máxima admisible en función de la división de escala y del tamaño del rango de medida.

$$0.5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

Así la incertidumbre deberá estar comprendida entre 0.5\*D y 10\*D.

Este criterio deja de ser válido para los equipos cuya resolución es muy precisa en comparación con el rango de medida. De manera que para equilibrar esta relación se usará la siguiente tabla con las siguientes relaciones rango-división de escala.

RANGO DE MEDIDA HASTA	VALOR ACEPTABLE INCERTIDUMBRE
$10^3 D$	$I \leq 10^1 D$
$10^5 D$	$I \leq 10^2 D$
$10^7 D$	$I \leq 10^3 D$
$10^9 D$	$I \leq 10^4 D$

Para calcular la relación entre el rango de medida y la división de escala bastará con dividir el valor máximo del rango que comprende los valores posibles del equipo, por la división de escala del mismo.

### 7.1.8.-ELECTRICIDAD:

#### **-Criterios de aceptación:**

En este apartado se estudian los criterios de aceptación de **multímetros, amperímetros, voltímetros, osciloscopios...** Para ello se buscan referencias en documentos de procesos de calibración realizados por la Dirección General de Innovación Industrial y Tecnología del Ministerio de Industria y Energía.

Se observa cómo se hacen referencias a las tolerancias de voltaje y frecuencia, 5% y 1% respectivamente, y al error admisible del aparato de referencia, establecido en un 10% del valor nominal. Dado que la exactitud del patrón ha de ser mayor que la que del equipo, se aceptará una tolerancia para el equipo de 15%, lo que sería una incertidumbre de 2,5%.

**Los valores máximos admisibles de incertidumbre se han de establecer en función del uso de cada equipo.** Teniendo en cuenta que todos los equipos van a estar sometidos a calibración externa (se da de baja el patrón con el que se calibraba internamente), se entregaran los informes de calibración a los usuarios de cada equipo y se dejara a criterio de los mismos la aceptación de dichos equipos, pudiéndose orientar con los valores comentados anteriormente.

Para ello se definirán las familias de estos equipos como "Otros", para que el programa no realice ningún cálculo.

#### **-Frecuencia de calibración:**

Un período de tiempo razonable para la calibración de estos instrumentos puede oscilar entre los 3 y 12 meses, aunque el intervalo de tiempo a asignar dependerá fundamentalmente de las características técnicas comprobadas (por ejemplo su estabilidad), del uso que se realice del mismo, y de la tolerancia asignada.

El usuario del equipo sera siempre el responsable de asignar el período de recalibración, y de revisarlo cuando sea preciso, considerando, por ejemplo, los resultados obtenidos con respecto a las calibraciones anteriores y a las tolerancias consideradas.



## 7.2.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS VEHÍCULO

### 7.2.1- TEMPERATURA

- TERMOMETROS:

En el laboratorio de calidad hay 6 termómetros. Dos de ellos se ponen fuera de uso a petición de Pablo Martínez porque no se usan: T0116 130 2002 y T0116 130 2006.

-**T0106 080 2001:** No tiene calibraciones desde 1996.

-**T0106 080 2002:**  $I_{cr}=1.62$  (División de escala de 1, inapropiado para los ensayos)

-**T0115 050 2002:**  $I_{cr}=0.25$

-**T0115 050 2003:**  $I_{cr}=0.15$

Estos termómetros se usan para verificar la temperatura en los ensayos realizados por los densímetros según la norma DIN EN ISO 3675, donde se especifica el límite de error máximo para los termómetros de  $\pm 0.1$ , en los termómetros con una escala de 0.1.

Tabla 11. Extracto DIN EN ISO 3675 para ensayos con termómetros

**Tabelle 2: Anforderungen an Thermometer**

Bereich	Skalenteilung	Maximale Fehlergrenze
- 1 °C bis + 38 °C	0,1	± 0,1
- 20 °C bis + 102 °C	0,2	± 0,15

Estos ensayos se realizan para analizar el líquido de frenos, cuya densidad esta entre 1030 y 1060 kg/m<sup>3</sup>, con un comportamiento muy similar a la densidad del agua frente a la temperatura.

Por lo tanto se tiene una tolerancia excesivamente restrictiva teniendo en cuenta que la variación de la densidad con respecto a la temperatura es relativamente lenta, por lo que se aceptará una tolerancia de  $\pm 1.5$ .

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{3}{2 \times 3} = 0.5$$

\*La calibración de estos equipos se realizará en el laboratorio de calibración de Análisis Vehículo.

- TERMOHIGROMETRO DIGITAL:

**-T08051401001:**

Con este equipo se realizan ensayos según la norma PV 3938, con unas especificaciones de tolerancia de  $65 \pm 5^\circ\text{C}$ .

Para establecer una incertidumbre máxima admisible se usará la ecuación que relaciona la tolerancia máxima con la incertidumbre.

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{10}{2 \times 3} = 1,67$$

La calibración de este equipo se realiza externamente, en los laboratorios de AC6 y cumple con creces los criterios de aceptación establecidos.

-Periodo de calibración:

Es un equipo que se da de alta el 06/04/2016, por lo tanto, no se dispone de datos suficientes para estudiar la deriva de los resultados en función del tiempo. Así pues, será el propio usuario del equipo quien determine en base a las exigencias de las normativas un periodo de calibración óptimo.

En adelante se deberán registrar los informes de calibración para, en un futuro, realizar un estudio de la deriva de los resultados del equipo y establecer un periodo de calibración.

- MUFLAS:

Las muflas son los equipos de laboratorio que más temperatura alcanzan a dar. En el laboratorio hay dos de estos equipos.

- **T1118 212 1001:** Equipo dado de baja.

- **T1118 211 2001:** Con esta misma familia hay otro equipo en Pintura. Dado que las exigencias de los ensayos realizados en Análisis Vehículo son más restrictivas que las de pintura, se establece una incertidumbre máxima admisible según las normas por las que se rigen los ensayos del laboratorio.

<p><u>Polímeros:</u>  <b>DIN EN ISO 1172 → 625 ±20°C</b>  <b>TL 526 58 → 600 ±25°C</b></p> <p><u>Recubrimientos:</u>  <b>TL217 → 220 ±10°C</b>  <b>TL244 → 300 ±10°C</b></p>
--

-Tolerancia más restrictiva es +- 10º: T=20

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 3.33$$

Ilustración 38. Extracto normativas para ensayos con muflas

Es muy difícil alcanzar estos valores de incertidumbre, debido a la excesiva restricción de las normas. Por lo tanto, se aceptarán valores de incertidumbre menores de 5.

La calibración de estos equipos se realizará internamente.

- ESTUFAS:

Para establecer una incertidumbre máxima admisible, se estudian las tolerancias establecidas por las normativas según las cuales se rigen los ensayos realizados con estos equipos.

Con todas las estufas se hacen una gran variedad de ensayos con diferentes normas:

$$\text{-VW 440 45: } 150 \pm 1^\circ\text{C} \rightarrow T=2$$

Con esta tolerancia se va a la formula inicial y se obtiene la  $I_{\max}$ :

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 0.33$$

Como se puede ver a continuación, ninguna de las estufas cumple con estas tolerancias.

Debido a la excesiva restricción de las normas en las que exigen una tolerancia máxima de  $\pm 1^\circ\text{C}$ , y teniendo en cuenta que se está tratando con equipos para procesos industriales se admitirá una tolerancia máxima de  $\pm 3^\circ\text{C}$  ( $T=6$ ) lo que supone una incertidumbre máxima de.

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 1$$

Con el fin de ofrecer una información a los usuarios acerca de la exactitud que se puede alcanzar con cada equipo se realizan los siguientes cálculos.

Mediante la siguiente fórmula se hallan las tolerancias que ofrece cada equipo en base a las mediciones obtenidas en la calibración.

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

*\*Los datos utilizados a continuación son los de las últimas calibraciones realizadas a los respectivos equipos.*

**-T1215 130 1003:**  $I_{cr} = 0.8$

Tolerancia que ofrece el equipo,  $T = 2 \times I \times 3 = 4.8$   $T = \pm 2.4$

**-T1215 130 1004:**  $I_{cr} = 0.97$

Tolerancia que ofrece el equipo:  $T = 2 \times I \times 3 = 5.82$   $T = \pm 2.91$

**-T1215 125 1001:**  $T = 6 \times 2.12 = 13.26$   $T = \pm 6.63$

T12151251001	17	TEMPERATURA	°C	77802							
<b>ESTUFA 0 - 250 / 0.1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: Pt 100 ISOTECH 00AS1											
Nota				Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: 0, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 0,1 -- I.Máx: ±5 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCI	AXCi	R	K
50,00	49,06	49,02	48,91	49,00	48,95	0,05	48,99	0,06	-1,01	0,15	2,00
										Ii ± 1,15	
100,00	98,55	98,55	98,57	98,57	98,56	0,09	98,56	0,01	-1,44	0,02	2,00
										Ii ± 1,54	
150,00	148,01	148,02	148,03	148,02	148,03	0,14	148,02	0,01	-1,98	0,02	2,00
										Ii ± 2,12	

Ilustración 39. Corrección aplicada a estufas del laboratorio/METRA

$I_{cr}=2.12$

Aplicando una corrección de +1.5º en todos los valores de calibración, se obtiene el siguiente resultado, con  $I_{cr}=0.62$ .

T12151251001	18	TEMPERATURA	°C	77802							
<b>ESTUFA 0 - 250 / 0.1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: Pt 100 ISOTECH 00AS1											
Nota				Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: 0, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 0,1 -- I.Máx: ±5 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCI	AXCi	R	K
50,00	50,56	50,52	50,51	50,50	50,55	0,05	50,53	0,03	0,53	0,06	2,00
										Ii ± 0,60	
100,00	100,05	100,05	100,07	100,07	100,06	0,09	100,06	0,01	0,06	0,02	2,00
										Ii ± 0,16	
150,00	149,51	149,52	149,53	149,52	149,53	0,14	149,52	0,01	-0,48	0,02	2,00
										Ii ± 0,62	

Nueva tolerancia que admite el equipo:  $T = 6 \times 0.62 = 3.72$   $T = \pm 1.83$

**-T1215 125 1002:**  $T = 6 \times 2.208 = 13.25$   $T = \pm 6.62$

T12151251002	16	TEMPERATURA	°C	77802							
<b>ESTUFA 0 - 250 / 0.1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: PT 100 sonda larga											
Nota				Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: 0, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 0,1 -- I.Máx: ±5 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCI	AXCi	R	K
50,00	49,80	49,81	49,77	49,75	49,76	0,044	49,778	0,026	-0,222	0,060	2,00
										Ii ± 0,294	
100,00	100,84	100,80	100,81	100,78	100,80	0,044	100,806	0,022	0,806	0,060	2,00
										Ii ± 0,871	
150,00	152,10	152,15	152,03	151,99	152,02	0,044	152,058	0,065	2,058	0,160	2,00
										Ii ± 2,208	

$I_{cr}=2.208$ :

Se corrige -2º en 150 y -1º en 100, y se obtiene una nueva  $I_{cr}=0.294$

T12151251002		17 TEMPERATURA		°C		77802					
<b>ESTUFA 0 - 250 / 0.1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: PT 100 sonda larga											
Nota						Equipo No Apto <input type="checkbox"/>					
Mínimo: 0, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 0,1 -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
50,00	49,80	49,81	49,77	49,75	49,76	0,044	49,778	0,026	-0,222	0,060	2,00
										Ii ± 0,294	
100,00	99,84	99,80	99,81	99,78	99,80	0,044	99,806	0,022	-0,194	0,060	2,00
										Ii ± 0,259	
150,00	150,10	150,15	150,03	149,99	150,02	0,044	150,058	0,065	0,058	0,160	2,00
										Ii ± 0,208	

Nueva tolerancia que admite el equipo:  $T = 6 \times 0.62 = 3.72$   $T = \pm 1.83$

-T1216 125 1001:  $T = 6 \times 1.25 = 7.5$   $T = \pm 3.75$

-T1216 125 1002:  $T = 6 \times 1.7 = 10.2$   $T = \pm 5.1$

T12161251002		20 TEMPERATURA		°C		77802					
<b>ESTUFA 0 - 250 / 1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: PT 100 sonda larga											
Nota						Equipo No Apto <input type="checkbox"/>					
Mínimo: 5, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 1, -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
										Ii ± 0,04	
100,00	99,00	99,00	99,10	99,10	99,00	0,04	99,04	0,05	-0,96	0,10	2,00
										Ii ± 1,09	
120,00	119,30	119,30	119,30	119,30	119,20	0,04	119,28	0,04	-0,72	0,10	2,00
										Ii ± 0,83	
150,00	149,60	149,50	149,50	149,50	148,50	0,04	149,32	0,46	-0,68	1,10	2,03
										Ii ± 1,70	
180,00	179,10	179,10	179,00	179,10	179,10	0,04	179,08	0,04	-0,92	0,10	2,00
										Ii ± 1,03	

Se tiene una  $I_{cr}=1.7$ , se aplica una correccion de +1ºC en todos los valores, y se obtiene una nueva  $I_{cr}=0.63$ .

T12161251002		21 TEMPERATURA		°C		77802					
<b>ESTUFA 0 - 250 / 1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: PT 100 sonda larga											
Nota						Equipo No Apto <input type="checkbox"/>					
Mínimo: 5, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 1, -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
										Ii ± 0,04	
100,00	100,00	100,00	100,10	100,10	100,00	0,04	100,04	0,05	0,04	0,10	2,00
										Ii ± 0,17	
120,00	120,30	120,30	120,30	120,30	120,20	0,04	120,28	0,04	0,28	0,10	2,00
										Ii ± 0,39	
150,00	150,60	150,50	150,50	150,50	150,50	0,04	150,52	0,04	0,52	0,10	2,00
										Ii ± 0,63	
180,00	180,10	180,10	180,00	180,10	180,10	0,04	180,08	0,04	0,08	0,10	2,00
										Ii ± 0,19	

Nueva tolerancia que admite el equipo:  $T = 6 \times 0.63 = 3.78$   $T = \pm 1.89$

-T1216 125 1007:  $T = 6 \times 1.85 = 11.1 \quad T = \pm 5.55$

T12161251007		10 TEMPERATURA		°C		77802					
ESTUFA 0 - 250 / 1											
Patrón: T02232231001 Medida: PT 100 sonda larga											
Nota						Equipo No Apto <input type="checkbox"/>					
Mínimo: 5, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 1, -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
50,00	50,30	50,30	50,31	50,30	50,30	0,04	50,30	0,00	0,30	0,01	2,00
										Ii ± 0,35	
90,00	90,64	90,64	90,64	90,66	90,90	0,04	90,70	0,11	0,70	0,26	2,00
										Ii ± 0,95	
120,00	120,97	120,92	121,03	121,00	121,06	0,04	121,00	0,05	1,00	0,14	2,00
										Ii ± 1,12	
150,00	150,06	150,95	151,09	151,10	151,07	0,04	150,85	0,45	0,85	1,04	2,03
										Ii ± 1,85	
180,00	181,08	181,07	180,99	181,05	181,02	0,04	181,04	0,04	1,04	0,09	2,00
										Ii ± 1,13	

Icr=1.85, se corrige -1º en todos los valores y se obtiene una nueva I<sub>cr</sub>=1.14

T12161251007		11 TEMPERATURA		°C		77802					
ESTUFA 0 - 250 / 1											
Patrón: T02232231001 Medida: PT 100 sonda larga											
Nota						Equipo No Apto <input type="checkbox"/>					
Mínimo: 5, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 1, -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
50,00	49,30	49,30	49,31	49,30	49,30	0,04	49,30	0,00	-0,70	0,01	2,00
										Ii ± 0,74	
90,00	89,64	89,64	89,64	89,66	89,90	0,04	89,70	0,11	-0,30	0,26	2,00
										Ii ± 0,56	
120,00	119,97	119,92	120,03	120,00	120,06	0,04	120,00	0,05	0,00	0,14	2,00
										Ii ± 0,13	
150,00	149,06	149,95	150,09	150,10	150,07	0,04	149,85	0,45	-0,15	1,04	2,03
										Ii ± 1,14	
180,00	180,08	180,07	179,99	180,05	180,02	0,04	180,04	0,04	0,04	0,09	2,00
										Ii ± 0,13	

Nueva tolerancia que admite el equipo:  $T = 6 \times 1.14 = 6.84 \quad T = \pm 3.42$

-T1216 125 1008:  $T = 6 \times 1.35 = 8.1 \quad T = \pm 4.05$

T12161251008		4 TEMPERATURA		°C		77802					
ESTUFA 0 - 250 / 1											
Patrón: T02232231001 Medida: PT 100 sonda larga											
Nota						Equipo No Apto <input type="checkbox"/>					
Mínimo: 5, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 1, -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
60,00	59,70	59,70	59,70	59,70	59,70	0,04	59,70	0,00	-0,30	0,00	2,00
										Ii ± 0,34	
90,00	89,40	89,30	89,30	89,10	89,10	0,04	89,24	0,13	-0,76	0,30	2,00
										Ii ± 1,06	
120,00	119,20	119,10	119,30	118,80	119,00	0,04	119,08	0,19	-0,92	0,50	2,03
										Ii ± 1,35	
150,00	149,00	149,60	149,10	149,30	149,20	0,04	149,24	0,23	-0,76	0,60	2,03
										Ii ± 1,27	
180,00	179,70	179,70	179,20	179,40	179,30	0,04	179,46	0,23	-0,54	0,50	2,03
										Ii ± 1,05	

Icr=1.35, se corrige +1ºC en todos los valores y se obtiene una nueva I<sub>cr</sub>=0.97

T12161251008	5	TEMPERATURA	°C	77802							
<b>ESTUFA 0 - 250 / 1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: PT 100 sonda larga											
Nota				Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: 5, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 1, -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
60,00	60,70	60,70	60,70	60,70	60,70	0,04	60,70	0,00	0,70	0,00	2,00
										Ii ± 0,74	
90,00	90,40	90,30	90,30	90,10	90,10	0,04	90,24	0,13	0,24	0,30	2,00
										Ii ± 0,54	
120,00	120,20	120,10	120,30	119,80	120,00	0,04	120,08	0,19	0,08	0,50	2,03
										Ii ± 0,51	
150,00	150,00	150,60	150,10	150,30	150,20	0,04	150,24	0,23	0,24	0,60	2,03
										Ii ± 0,75	
180,00	180,70	180,70	180,20	180,40	180,30	0,04	180,46	0,23	0,46	0,50	2,03
										Ii ± 0,97	

Nueva tolerancia que admite el equipo:  $T = 6 \times 0.97 = 5.82$   $T = \pm 2.91$

-T1216 125 1009:  $T = 6 \times 1.51 = 9.06$   $T = \pm 4.53$

T12161251009	4	TEMPERATURA	°C	77802							
<b>ESTUFA 0 - 250 / 1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: termopar N°3											
Nota				Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: 5, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 1, -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
60,00	59,70	59,80	59,80	59,60	59,70	0,15	59,72	0,08	-0,28	0,20	2,00
										Ii ± 0,52	
90,00	89,50	89,30	89,30	89,40	89,40	0,15	89,38	0,08	-0,62	0,20	2,00
										Ii ± 0,86	
120,00	119,10	119,10	119,20	119,30	119,30	0,15	119,20	0,10	-0,80	0,20	2,00
										Ii ± 1,07	
150,00	149,30	149,40	149,20	149,20	149,20	0,15	149,26	0,09	-0,74	0,20	2,00
										Ii ± 0,99	
180,00	178,80	178,60	178,90	178,80	178,90	0,15	178,80	0,12	-1,20	0,30	2,00
										Ii ± 1,51	

Icr=1.51, se corrige +1º en todos los valores y se obtiene una nueva  $I_{cr}=0.96$

T12161251009	5	TEMPERATURA	°C	77802							
<b>ESTUFA 0 - 250 / 1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: termopar N°3											
Nota				Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: 5, -- Máximo: 250, -- DIV. ESCALA: 1, -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
60,00	60,70	60,80	60,80	60,60	60,70	0,15	60,72	0,08	0,72	0,20	2,00
										Ii ± 0,96	
90,00	90,50	90,30	90,30	90,40	90,40	0,15	90,38	0,08	0,38	0,20	2,00
										Ii ± 0,62	
120,00	120,10	120,10	120,20	120,30	120,30	0,15	120,20	0,10	0,20	0,20	2,00
										Ii ± 0,47	
150,00	150,30	150,40	150,20	150,20	150,20	0,15	150,26	0,09	0,26	0,20	2,00
										Ii ± 0,51	
180,00	179,80	179,60	179,90	179,80	179,90	0,15	179,80	0,12	-0,20	0,30	2,00
										Ii ± 0,51	

Nueva tolerancia que admite el equipo:  $T = 6 \times 0.96 = 5.76$   $T = \pm 2.88$

-T1216 140 1001: Este equipo esta fuera de uso, sin calibraciones, por lo tanto se da de baja.

- EQUIPOS DE FRIO:

Existen dos equipos en el laboratorio de Análisis Vehículo, en los que se trabaja con bajas temperaturas.

**-T2105 040 2001:** Termómetro anticongelante.

Se trata de un equipo con el que se realizan una serie de verificaciones sobre equipos que trabajan con bajas temperaturas. No se realizan ensayos según una normativa. Por lo tanto, será el usuario del equipo el que establezca un criterio de aceptación y un periodo de calibración óptimo para el equipo en función de las necesidades, exigencias y el uso.

**-T2105 045 1001:** Congelador.

Con este equipo se realizan una gran variedad de ensayos, en los que dependiendo del material se especifican unas tolerancias u otras. El ensayo en el cual se debe obtener una tolerancia máxima más restrictiva se realiza con la norma TL 527 en el que se especifica una tolerancia de  $\pm 1^\circ$ .

Mediante la siguiente relación se halla la incertidumbre máxima admisible.

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{2}{2 \times 3} = 0.33$$

Incertidumbre crítica de la última calibración:  $I_{cr}=0,19$



- CAMARAS CLIMATICAS:

Existen dos equipos de la misma familia, en los que se hacen ensayos según las normas PV 1200 y PV 2005, con las siguientes tolerancias exigidas. Con estas tolerancias se halla la incertidumbre máxima admisible mediante la siguiente relación.

Temperatura:

$$T^{\circ} = \pm 2$$

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 0.67$$

Humedad relativa:  $HR = \pm 5$

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 1.67$$

Teniendo en cuenta que la norma es excesivamente restrictiva se permite doblar las incertidumbres admisibles.

$$I_{adm} (T^{\circ}) = 1.3$$

$$I_{adm} (HR) = 3.3$$

Para poder ofrecer una información detallada de las tolerancias que pueden ofrecer los equipos, se realizan los siguientes cálculos.

**-T3125 118 1001:**  $I_{cr} = 0.27$

Tolerancia que ofrece el equipo,  $T = 2 \times I \times 3 = 1.62$      $T = \pm 0.81$

T31251181001	5	TEMPERATURA	°C	77802							
<b>CAMARA CLIMATICA (-70) - 180 /1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: Pt 100 ISOTECH 00AS1											
Nota				Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: -70, -- Máximo: 180, -- DIV. ESCALA: 0,1 -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
-35,00	-32,94	-32,88	-32,88	-32,90	-32,80	0,05000	-32,88000	0,05099	2,12000	0,14000	2,00
										II ± 0,12239	
23,00	25,18	25,27	25,29	25,30	25,29	0,05000	25,26600	0,04930	2,26600	0,12000	2,00
										II ± 0,11901	
50,00	51,41	51,65	51,67	51,70	51,70	0,05000	51,62600	0,12260	1,62600	0,29000	2,00
										II ± 0,27321	
80,00	81,78	81,67	81,69	81,76	81,73	0,07686	81,72600	0,04615	1,72600	0,11000	2,00
										II ± 0,12701	

Ilustración 40. Corrección aplicada a cámaras climáticas del laboratorio/Metra

El equipo entra dentro de los márgenes establecidos.

Aplicando una corrección de -2°C se mantienen los valores de incertidumbre, pero mejora la corrección para una mayor exactitud.

T31251181001	6	TEMPERATURA	°C	77802							
<b>CAMARA CLIMATICA (-70) - 180 /1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: Pt 100 ISOTECH 00AS1											
Nota				Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: -70, -- Máximo: 180, -- DIV. ESCALA: 0,1 -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
-35,00	-34,94	-34,88	-34,88	-34,90	-34,80	0,05000	-34,88000	0,05099	0,12000	0,14000	2,00
										Ii ± 0,12239	
23,00	23,18	23,27	23,29	23,30	23,29	0,05000	23,26600	0,04930	0,26600	0,12000	2,00
										Ii ± 0,11901	
50,00	49,41	49,65	49,67	49,70	49,70	0,05000	49,62600	0,12260	-0,37400	0,29000	2,00
										Ii ± 0,27321	
80,00	79,78	79,67	79,69	79,76	79,73	0,07686	79,72600	0,04615	-0,27400	0,11000	2,00
										Ii ± 0,12701	

HR:  $I_{cr}=2.6$

$T = 2 \times I \times 3 = 15.6$      $T = \pm 7.8\%$

*\*Este equipo está pendiente de reparación por lo que pueden variar los resultados.*

**-T3125 118 1002:**

Es un equipo al que se le realizan calibraciones externas. Se ha dado de alta el 07/09/2016 y solo hay datos de la primera calibración.

15/07/2015:

Para la temperatura:  $I_{cr}=0.51$

Para la humedad relativa:  $I_{cr}=2.07$

*\*Para poder establecer un periodo de calibración óptimo para los equipos, se necesitan los resultados de las calibraciones anteriores, con los que se realizará el análisis de la deriva de los resultados. Por tanto, en adelante se registrarán todos los resultados recogidos en los informes de calibración externos.*

- CÁMARAS NIEBLA SALINA:

Hay cuatro cámaras de niebla salina, todas de la misma familia.

Los ensayos cuyas tolerancias son más restrictivas se hacen según la norma DINENISO 9227 en la que se especifican unas tolerancias de  $\pm 2^\circ$ .

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 0.67$$

La norma también habla de una humedad relativa de 50 %  $\pm 5\%$ .

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 1.67$$

La norma es demasiado estricta teniendo en cuenta que se trabaja en procesos industriales. Se permitirá una incertidumbre en los equipos de 2 para ambas magnitudes, lo que asegura una tolerancia de  $\pm 6$ .

**-T33160501004:** Icr=0.59

Tolerancia que ofrece el equipo,  $T = 2 \times I \times 3 = 3.54$      $T = \pm 1.77$

**-T33160501006:** Icr=0.55

Tolerancia que ofrece el equipo,  $T = 2 \times I \times 3 = 3.3$      $T = \pm 1.65$

**-T33160501007:** Icr=0.73

Tolerancia que ofrece el equipo,  $T = 2 \times I \times 3 = 4.38$      $T = \pm 2.19$

**-T33160502002:** Fuera de uso.

*\*En la norma dice que los ensayos se hacen a 35 y 50 °C. Próxima calibración en esos puntos.*

Tabla 12. Tolerancias según normativas para ensayos con cámaras de niebla salina

Test method item	Neutral salt spray (NSS)	Acetic acid salt spray (AASS)	Copper-accelerated acetic salt spray (CASS)
Temperature	35 °C $\pm$ 2 °C	35 °C $\pm$ 2 °C	50 °C $\pm$ 2 °C
Average collection rate for a horizontal collecting area of 80 cm <sup>2</sup>	1,5 ml/h $\pm$ 0,5 ml/h		
Concentration of sodium chloride (collected solution)	50 g/l $\pm$ 5 g/l		
pH (collected solution)	6,5 to 7,2	3,1 to 3,3	3,1 to 3,3

- CÁMARAS DE HUMEDAD:

Hay dos cámaras de humedad de la misma familia. Los ensayos cuyas tolerancias son más restrictivas se hacen según la norma DINENISO 6270-2, con una tolerancia  $T = \pm 3^\circ$ .

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 1$$

Para que los usuarios tengan una referencia del alcance de los equipos se realizan los siguientes cálculos.

-T34150501001:  $I_{cr}=0.956$

Tolerancia que ofrece el equipo,  $T = 2 \times I \times 3 = 5.74$      $T = \pm 2.87$

T34150501001	16	TEMPERATURA	°C	77803							
<b>CAMARA HUMEDAD 0 - 50 / 0,1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: Pt 100 ISOTECH 00AS1											
Nota				Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: 0, -- Máximo: 50, -- DIV. ESCALA: 0,1 -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
40,00	39,27	39,16	39,32	39,15	39,35	0,050	39,250	0,091	-0,750	0,200	2,00
											Ii ± 0,956

Ilustración 41. Corrección aplicada a cámaras de humedad del laboratorio/METRA

Los valores entran dentro del rango, pero se podría hacer una corrección de +1°C.

T34150501001	17	TEMPERATURA	°C	77803							
<b>CAMARA HUMEDAD 0 - 50 / 0,1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: Pt 100 ISOTECH 00AS1											
Nota				Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: 0, -- Máximo: 50, -- DIV. ESCALA: 0,1 -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
40,00	40,27	40,16	40,32	40,15	40,35	0,050	40,250	0,091	0,250	0,200	2,00
											Ii ± 0,456

Quedaría una incertidumbre de 0.456, pero sobre todo mejora la corrección.

-T34150501002:  $I_{cr}=1.3$

Tolerancia que ofrece el equipo,  $T = 2 \times I \times 3 = 7.8$      $T = \pm 3.9$

T34150501002	4	TEMPERATURA	°C	77803							
<b>CAMARA HUMEDAD 0 - 50 / 0,1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: PT 100 sonda larga											
Nota	Correccion de +1° C			Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: 0, -- Máximo: 50, -- DIV. ESCALA: 0,1 -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones					Io	XCi	SCi	AXCi	R	K
40,0	39,5	39,1	39,0	39,1	39,0	0,0	39,3	0,3	-0,7	0,7	2,00
											Ii ± 1,3

Se corrige +1º y se obtiene una nueva  $I_{cr}=0.83$

T34150501002	5	TEMPERATURA	°C	77803							
<b>CAMARA HUMEDAD 0 - 50 / 0,1</b>											
Patrón: T02232231001 Medida: PT 100 sonda larga											
Nota	Correccion de +1º C			Equipo No Apto <input type="checkbox"/>							
Mínimo: 0, -- Máximo: 50, -- DIV. ESCALA: 0,1 -- I.Máx: ±2 -- Unidades: °C											
Nominal	Reiteraciones				Io	XCi	SCi	AXCi	R	K	
40,00	40,48	40,05	39,97	40,09	40,04	0,04	40,25	0,27	0,25	0,73	2,00
	40,20	40,50	40,70							II ±	0,83

Nueva tolerancia que admite el equipo:  $T = 6 \times 0.83 = 4.98$   $T = \pm 2.49$

- FOGGING TERMOSTATO-CRIOSTATO:

**-T4315 130 1001:**

Se trata de un equipo en el que se hacen ensayos según la norma PV 3015, con exigencias para la Tº de refrigeración de  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  y para el baño de aceite de  $100 \pm 0.5^\circ\text{C}$ .

La calibración en este equipo se hace para dos tipos de ensayo con sus magnitudes:

-Tº refrigeración:

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 0,33$$

-Baño de aceite:

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 0,17$$

Estos valores son demasiado restrictivos teniendo en cuenta que dependiendo del patrón que se utilice ya se tiene una incertidumbre grande. Esto se debe a que la sonda de la PT100 no se puede introducir en algunos equipos.

Así pues, para la calibración del baño de aceite se aceptará una incertidumbre máxima de 0,7.

Para tener una referencia de los resultados de las calibraciones se comparan los criterios de aceptación con las incertidumbres más críticas de la última calibración.

Temperatura de refrigeración:  $I_{cr}=0,08$  (tomado con la PT100;  $I_0=0,04$ )

Baño de aceite:  $I_{cr}=0,5$  (tomado con el termopar;  $I_0=0,15$ )

- VICAT BAÑO Y DESPLAZAMIENTO:

**-T4515 119 1001:**

Con este equipo se realizan ensayos en los que se mide la temperatura Vicat. Esta es la temperatura a la que la aguja ha penetrado 1 mm sobre el material. El material está sumergido en un baño de un fluido que se calienta hasta llegar a dicha temperatura.

A la hora de realizar la calibración se calibran tres magnitudes.

El equipo realiza ensayos según la norma DINENISO 306 con las siguientes especificaciones:

-Comparador:  $\pm 0.01 \text{ mm}$

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 0.0033$$

Se aceptará una incertidumbre máxima de 0.011

-Pesas:  $10 \pm 0.2$  y  $50 \pm 1$ ; lo que significa una tolerancia de,  $T=2\%$

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 0.33 \%$$

-Tº:

$\pm 0.5 \text{ K}$

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 0.17$$

En la temperatura aceptará una incertidumbre máxima de 0.5

Para poder comparar y comprobar que el equipo cumple con los requisitos especificados, se muestran los resultados de las tres magnitudes de la última calibración.

-Comparador:  $I_{cr}=0.01$

-Pesas:  $I_{cr}=0.0126$

-Tº:  $I_{cr}=0.23$

## 7.2.2- DIMENSIONALES:

- GALGAS PATRÓN:

Existen dos grupos de galgas patrón. Para establecer unos criterios de aceptación se puede utilizar las tablas y procedimientos explicados anteriormente en el apartado de galgas o láminas de espesores de la fábrica, o bien establecer una incertidumbre máxima admisible en función de la tolerancia.

Si se utiliza el segundo criterio se obtienen los siguientes resultados de incertidumbre máxima admisible.

### -T0513 210 0002:

Tabla 13. Incertidumbre admisible para galgas patrón grupo 1

Posibilidad de medida	Unidades	Nominal	Calidad	D Máx	F Máx	Tolerancia total	I admisible
1018 MASTERFOLIE 4	mm	0,1018		0,01	0,01	0,02	0,00333
13.3 MASTERFOLIE 1	mm	0,0133		0,0005	0,001	0,0015	0,00025
252 MASTERFOLIE 3	mm	0,252		0,0015	0,003	0,0045	0,00075
73.5 MASTERFOLIE 2	mm	0,0735		0,001	0,002	0,003	0,00050
AMARILLA DE 0,508	mm	0,508		0,01	0,01	0,02	0,00333
AZUL DE 0,127	mm	0,127		0,01	0,01	0,02	0,00333
galga 0,0112	mm	0,0112		0,0005	0,0005	0,001	0,00017
galga 0,0721	mm	0,0721		0,001	0,001	0,002	0,00033
galga 0,0731	mm	0,0731		0,001	0,001	0,002	0,00033
galga 0,0747	mm	0,0747		0,0015	0,0015	0,003	0,00050
galga 0,0094	mm	0,0094		0,0005	0,0005	0,001	0,00017
galga 0,0245	mm	0,0245		0,0005	0,0005	0,001	0,00017
galga 0,0251	mm	0,0251		0,0005	0,0005	0,001	0,00017
galga 0,247	mm	0,247		0,0015	0,0015	0,003	0,00050
GALGA 1,023	mm	1,023		0,01	0,01	0,02	0,00333
GALGA DE 0,0093	mm	0,0093		0,0005	0,0005	0,001	0,00017
GALGA DE 0,013	mm	0,013		0,0005	0,0005	0,001	0,00017
GALGA DE 0,014	mm	0,014		0,005	0,005	0,01	0,00167
GALGA DE 0,0243	mm	0,0243		0,005	0,005	0,01	0,00167
GALGA DE 0,0243 PHAS	mm	0,0243		0,0005	0,0005	0,001	0,00017
GALGA DE 0,025	mm	0,025		0,005	0,005	0,01	0,00167
GALGA DE 0,031	mm	0,031		0,005	0,005	0,01	0,00167
GALGA DE 0,050	mm	0,05		0,005	0,005	0,01	0,00167
GALGA DE 0,0615	mm	0,0615		0,005	0,005	0,01	0,00167
GALGA DE 0,097	mm	0,097		0,005	0,005	0,01	0,00167
galga de 0,100	mm	0,1		0,002	0,002	0,004	0,00067
GALGA DE 0,101	mm	0,101		0,005	0,005	0,01	0,00167
GALGA DE 0,127	mm	0,127		0,005	0,005	0,01	0,00167
GALGA DE 0,1745	mm	0,1745		0,005	0,005	0,01	0,00167
GALGA DE 0,194	mm	0,194		0,005	0,005	0,01	0,00167
GALGA DE 0,230	mm	0,23		0,01	0,01	0,02	0,00333
GALGA DE 0,246	mm	0,246		0,0015	0,0015	0,003	0,00050
GALGA DE 0,249	mm	0,249		0,0015	0,0015	0,003	0,00050
GALGA DE 0,295	mm	0,295		0,01	0,01	0,02	0,00333
GALGA DE 0,340	mm	0,34		0,0034	0,0034	0,0068	0,00113
galga de 0,48	mm	0,48		0,005	0,005	0,01	0,00167
GALGA DE 0,665	mm	0,665		0,01	0,01	0,02	0,00333
GALGA DE 2,041	mm	2,041		0,01	0,01	0,02	0,00333
MARRON DE 0,254	mm	0,254		0,01	0,01	0,02	0,00333
N.S.601-476 0,0238	mm	0,0238		0,005	0,005	0,01	0,00167
N.S.601-477 0,0115	mm	0,0115		0,005	0,005	0,01	0,00167
N.S.601-491 0,961	mm	0,961		0,00961	0,00961	0,01922	0,00320
NARANJA DE 0,0254	mm	0,0254		0,005	0,005	0,01	0,00167
ROJA DE 0,0508	mm	0,0508		0,005	0,005	0,01	0,00167
Z 02.003	mm	0,0615		0,005	0,005	0,01	0,00167

La columna Tolerancia total es la suma de D max y F max, que son la tolerancia inferior y tolerancia superior respectivamente.

La columna I admisible sigue la siguiente formula:

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3}$$

**-D0514 001 2013:**

Siguiendo el mismo criterio y las mismas ecuaciones que para el grupo de galgas anterior se obtienen los siguientes resultados de incertidumbre máxima admisible.

*Tabla 14. Incertidumbre admisible para galgas patrón grupo 2*

Posibilidad de medida	Unidades	Nominal	Calidad	D Máx	F Máx		Tolerancia total	I admisible
GALGA 0.04	mm	0,04		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.05	mm	0,05		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.06	mm	0,06		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.07	mm	0,07		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.08	mm	0,08		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.09	mm	0,09		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.1	mm	0,1		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.15	mm	0,15		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.2	mm	0,2		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.25	mm	0,25		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.3	mm	0,3		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.35	mm	0,35		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.4	mm	0,4		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.45	mm	0,45		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.5	mm	0,5		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.55	mm	0,55		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.6	mm	0,6		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.65	mm	0,65		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.7	mm	0,7		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.75	mm	0,75		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.8	mm	0,8		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.85	mm	0,85		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.9	mm	0,9		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0.95	mm	0,95		2	0,02	0,01	0,03	0,00500
GALGA 0	mm	1		2	0,02	0,01	0,03	0,00500

La columna I admisible sigue la siguiente formula:

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$



$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3}$$

- MICROMETROS DE EXTERIORES:

Hay tres micrómetros, uno de ellos no tiene calibraciones (**D2114 025 2004**).

Se obtendrán las incertidumbres máximas admisibles de acuerdo a la siguiente teoría que relaciona la incertidumbre con la división de escala o resolución.

$$0.5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

Así pues, la incertidumbre deberá estar comprendida entre  $0.5 \cdot D$  y  $10 \cdot D$ .

Sabiendo que en caso de acercarse a los límites se acercara al superior:

$$I_{adm} = 10 \times D$$

**-D2113 025 2002:** Tiene una división de escala de 0.001 mm

$$I_{adm} = 0.01$$

Se comprueba que los valores de incertidumbre más críticos de la última calibración son inferiores a los criterios de aceptación.

$$I_{cr} = 0.005$$

**-D2114 025 2009:** Tiene una división de escala de 0.01 mm

$$I_{adm} = 0.1$$

Se comprueba que los valores de incertidumbre más críticos de la última calibración son inferiores a los criterios de aceptación.

$$I_{cr} = 10 \text{ (incertidumbre del patrón)}$$

- PIES DE REY:

En el laboratorio hay cuatro pies de rey, tres de una familia y el otro de otra.

Los 4 instrumentos tienen la misma división de escala:  $D=0.01\text{mm}$

$$0.5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

La incertidumbre deberá estar comprendida entre  $0.5 \cdot D$  y  $10 \cdot D$ .

Sabiendo que en caso de acercarse a los límites se acercara al superior:

$$I_{adm} = 10 \times D$$

RANGO DE MEDIDA HASTA	VALOR ACEPTABLE INCERTIDUMBRE
$10^3 D$	$I \leq 10^1 D$
$10^5 D$	$I \leq 10^2 D$
$10^7 D$	$I \leq 10^3 D$
$10^9 D$	$I \leq 10^4 D$

El rango de medida de estos instrumentos es de 0-150 mm y la división de escala 0.01, por lo tanto la relación de ambos es de  $15000 \cdot D$ . Según la tabla e interpolando, se podría aceptar una incertidumbre máxima de  $50 \cdot D$ , no obstante se aceptará una incertidumbre máxima de  $10 \cdot D$ .

$$I_{adm} = 10 \times D = 0,1$$

Se comprueba como los valores de incertidumbre más críticos de la última calibración son inferiores a los criterios de aceptación.

**-D2504 115 1015:**  $I_{cr}=0.09$

Corrección de 0.09 en todos los valores. Nueva  $I_{cr}=0$

Valorar la corrección o comprar otro.

**-D2504 115 1037:**  $I_{cr}=0.018$

**-D2504 115 1039:**  $I_{cr}=0.018$

**-D2504 120 1002:**  $I_{cr}=0.03$

- MEDIDORES DE ESPESORES:

Se tienen tres equipos. Uno no tiene calibraciones (D2711 050 1001), el otro es un conjunto de galgas.

**-D2702 002 1009:**

Para establecer una incertidumbre máxima admisible se puede aplicar el criterio de la división de escala, explicado en el apartado de galgas o láminas de espesores de fábrica, o el de las tolerancias.

Utilizando el criterio de las tolerancias:

*Tabla 15. Incertidumbre admisible para galgas patrón grupo 3*

D2702 002 1009							
Posibilidad de medida	Unidades	Nominal	Calidad	D Máx	F Máx		Tolerancia total I admisible
AMARILLA DE 0,507	mm	0,508		0,01	0,01		0,02 0,00333
AZUL DE 0,126	mm	0,127		0,01	0,01		0,02 0,00333
GALGA DE 0,014	mm	0,014		0,005	0,005		0,01 0,00167
GALGA DE 0,0243	mm	0,0243		0,005	0,005		0,01 0,00167
GALGA DE 0,025	mm	0,025		0,005	0,005		0,01 0,00167
GALGA DE 0,031	mm	0,031		0,005	0,005		0,01 0,00167
GALGA DE 0,050	mm	0,05		0,005	0,005		0,01 0,00167
GALGA DE 0,0615	mm	0,0615		0,005	0,005		0,01 0,00167
GALGA DE 0,097	mm	0,097		0,005	0,005		0,01 0,00167
GALGA DE 0,101	mm	0,101		0,005	0,005		0,01 0,00167
GALGA DE 0,127	mm	0,127		0,005	0,005		0,01 0,00167
GALGA DE 0,1745	mm	0,1745		0,005	0,005		0,01 0,00167
GALGA DE 0,194	mm	0,194		0,005	0,005		0,01 0,00167
GALGA DE 0,230	mm	0,23		0,01	0,01		0,02 0,00333
GALGA DE 0,295	mm	0,295		0,01	0,01		0,02 0,00333
GALGA DE 0,340	mm	0,34		0,01	0,01		0,02 0,00333
GALGA DE 0,665	mm	0,665		0,01	0,01		0,02 0,00333
GALGA DE 2,040	mm	2,041		0,01	0,01		0,02 0,00333
MARRON DE 0,253	mm	0,254		0,01	0,01		0,02 0,00333
N.S.601-476	mm	0,0238		0,005	0,005		0,01 0,00167
N.S.601-477	mm	0,0115		0,005	0,005		0,01 0,00167
N.S.601-491	mm	0,961		0,01	0,01		0,02 0,00333
NARANJA DE 0,0253	mm	0,0254		0,005	0,005		0,01 0,00167
ROJA DE 0,0507	mm	0,0508		0,005	0,005		0,01 0,00167
Z 02.002	mm	0,0615		0,005	0,005		0,01 0,00167

La columna Tolerancia total es la suma de D max y F max.

La columna I admisible sigue la siguiente formula:

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3}$$

-D2732 012 1001:  $I_{cr}=0.00862$ ; Rango=0-12;  $D=0.0001$

RANGO DE MEDIDA HASTA	VALOR ACEPTABLE INCERTIDUMBRE
$10^3 D$	$I \leq 10^1 D$
$10^5 D$	$I \leq 10^2 D$
$10^7 D$	$I \leq 10^3 D$
$10^9 D$	$I \leq 10^4 D$

El rango de medida de estos instrumentos es de 0-12 mm y la división de escala 0.0001, por lo tanto la relación de ambos es de  $120000 \cdot D \approx 10^5$ , por lo que según la tabla e interpolando, se podría aceptar una incertidumbre máxima de  $10^2 \times D$ .

$$I_{adm} = 100 \times D = 0.01$$

- CALIBRES: VERIFICADORES Y COMPARADORES:

Existe cuatro equipos: Todos ellos con una división de escala de 0.01, salvo uno que está fuera de uso y no podemos saber (**D9003 901 2001**: con el número de referencia se debería saber la división de escala, pero se comprueba como en otros está mal puesto el numero).

Para establecer una incertidumbre maxima admisible se utiliza la siguiente relación entre la incertidumbre y division de escala.

$$0.5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

La incertidumbre deberá estar comprendida entre  $0.5 \cdot D$  y  $10 \cdot D$ .

Sabiendo que en caso de acercarse a los limites se acercara al superior:

$$I_{adm} = 10 \times D = 0.1$$

Se comprueba como los valores de incertidumbre más críticos de la última calibración son inferiores a los criterios de aceptación.

-D9003 050 2001:  $I_{cr}=0.028$

-D9004 010 2001:  $I_{cr}=0.01$

-D9004 010 2002:  $I_{cr}=0.02$

### 7.2.3- EQUIPOS DE FUERZA:

- BALANZAS:

En el laboratorio hay cuatro balanzas. Se establece una incertidumbre máxima admisible para los equipos en base a la división de escala.

$$0.5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

La incertidumbre deberá estar comprendida entre  $0.5 \cdot D$  y  $10 \cdot D$ .

Sabiendo que en caso de acercarse a los límites se acercara al superior:

$$I_{adm} = 10 \times D$$

Sin embargo se puede ampliar la incertidumbre admisible en función de la magnitud del rango de medida.

RANGO DE MEDIDA HASTA	VALOR ACEPTABLE INCERTIDUMBRE
$10^3 D$	$I \leq 10^1 D$
$10^5 D$	$I \leq 10^2 D$
$10^7 D$	$I \leq 10^3 D$
$10^9 D$	$I \leq 10^4 D$

-F0011 112 1001: (Externa),  $I_{cr}=0.0016$ ,  $D=0.00001$

El rango de medida de este instrumento es de 0-120 mm y la división de escala 0.00001, por lo tanto la relación de ambos es de  $12000000 \cdot D$ , por lo que según la tabla se podría aceptar una incertidumbre máxima de  $10^3 \cdot D$ .

$$I_{adm} = 10^3 \times D = 0.01$$

-Periodo de calibración: Se analizan los informes de calibración externos.

22/10/2009:  $I_{cr}=0.00078$

22/10/2010:  $I_{cr}=0.0016$

21/10/2011:  $I_{cr}=0.0023$

08/11/2012:  $I_{cr}=0.0027$

11/11/2014:  $I_{cr}=0.0016$

11/11/2015:  $I_{cr}=0.0016$

07/11/2016:  $I_{cr}=0.0016$

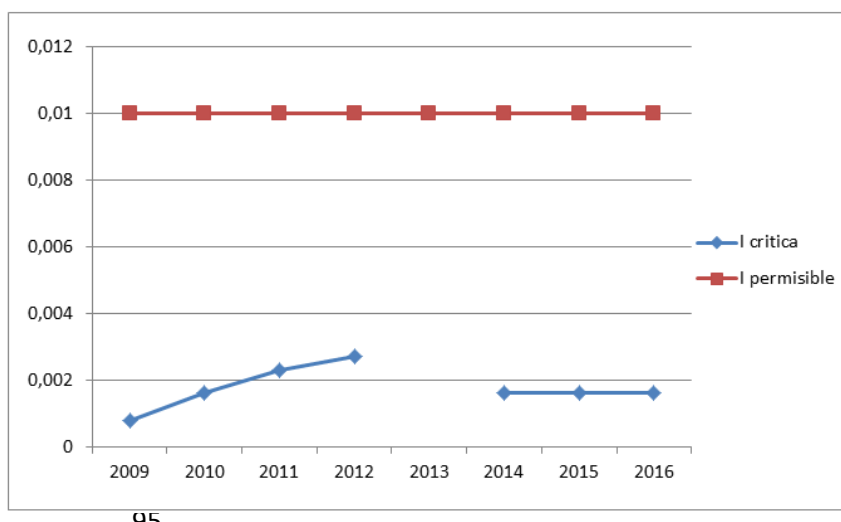


Ilustración 42. Deriva de la incertidumbre de la balanza F0011 112 1001

-Puntos de calibración:

Balanza de precisión con un rango de 0-120 g, donde se realizaban calibraciones en los puntos 1, 10, 20, 50, 100 y 120 g.

La mayoría de las muestras que se utilizan en esta balanza son inferiores a 1 g, por lo que en adelante se realizarán calibraciones en los puntos 0.1, 1, 10, 50 y 100 g.

**-F0012 116 1001:** (Externa),  $I_{cr}=0.002$ ,  $D=0.0001$

El rango de medida de este instrumentos es de 0-160 mm y la división de escala 0.0001, por lo tanto la relación de ambos es de  $1600000 \cdot D \approx 10^6$ , por lo que según la tabla e interpolando se aceptará una incertidumbre máxima de  $500 \cdot D$ .

$$I_{adm} = 500 \times D = 0.05$$

-Periodo de calibración: Se analizan los informes de calibración externos.

17/12/2012:  $I_{cr}=0.002$

08/11/2013:  $I_{cr}=0.0018$

11/11/2014:  $I_{cr}=0.003$

11/11/2015:  $I_{cr}=0.002$

07/11/2016:  $I_{cr}=0.002$

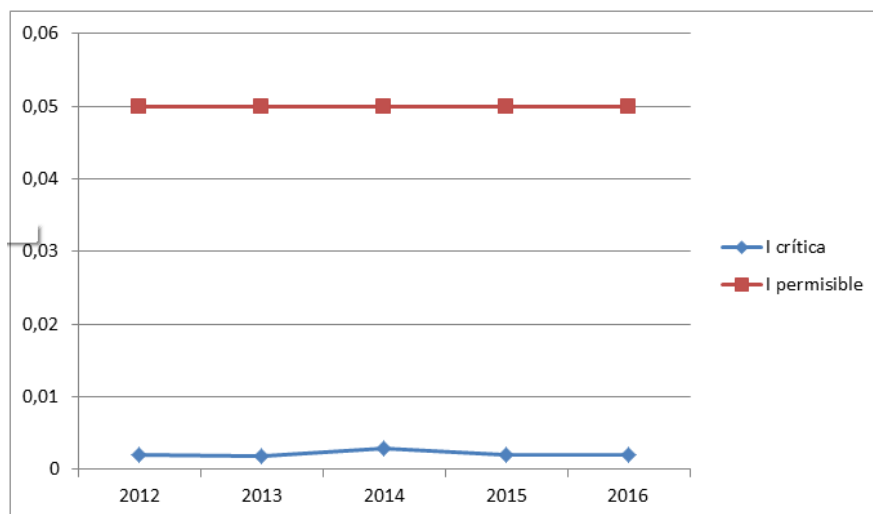


Ilustración 43. Deriva de la incertidumbre de la balanza F0012 116 1001

-Puntos de calibración:

Balanza de precisión con un rango de 0-160 g, donde se realizaban calibraciones en los puntos 5, 10, 20, 50, 100 y 150 g.

La mayoría de las muestras depositadas en esta balanza son inferiores a 10 g, por lo que en adelante se realizarán calibraciones en los puntos 1, 10, 50 y 150 g.

-F0016 312 1001: (Externa),  $I_{cr}=11.7$ ,  $D=1$

El rango de medida de este instrumentos es de 0-12000 mm y la división de escala 1, por lo tanto la relación de ambos es de  $12000 \cdot D \approx 10^4$ , por lo que según la tabla aceptará una incertidumbre máxima de  $50 \cdot D$ .

$$I_{adm} = 50 \times D = 50$$

-Periodo de calibración: Analizamos los informes de calibración externos.

30/11/2006:  $I_{cr}=10$

26/11/2008:  $I_{cr}=9.71$

16/12/2010:  $I_{cr}=10.76$

08/11/2012:  $I_{cr}=11.3$

11/11/2014:  $I_{cr}=11.7$

07/11/2016:  $I_{cr}=11.7$

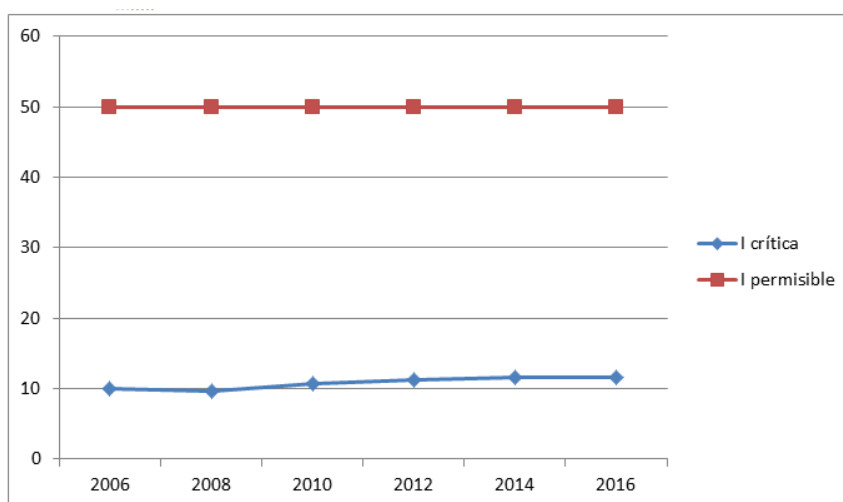


Ilustración 44. Deriva de la incertidumbre de la balanza F0012 312 1001

-Puntos de calibración:

Balanza con un rango de 0-12000 g, donde se realizaban calibraciones en los puntos 1000, 2000, 4000, 6000, 10000 y 12000.

Se trata de una balanza con muy poco uso y en la no se requiere tanta precisión.

Las muestras que se depositan en la balanza son de 5000 g, salvo excepciones, por lo que las siguientes calibraciones se realizaran en los puntos 2000, 5000 y 10000 g.

\* Se observa que los valores de incertidumbre máximos obtenidos quedan lejos del máximo admisible. Con esto y la estabilidad de los resultados **se puede ampliar los periodos de calibración.**

-F0024 262 1001: (Externa),  $I_{cr}=0.085$ ,  $D=0.01$

El rango de medida de este instrumento es de 0-6200 mm y la división de escala 0.01, por lo tanto la relación de ambos es de  $620000 \cdot D \approx 10^5$ , por lo que según la tabla se aceptará una incertidumbre máxima de  $10^2 \cdot D$ .

$$I_{adm} = 100 \times D = 1$$

-Periodos de calibración: Analizamos los informes de calibración externos.

07/11/2016:  $I_{cr}=0.19$

Para poder estudiar la deriva de la incertidumbre es necesario disponer de datos de varios informes de calibración. Esta balanza se dio de alta en 2016, por lo tanto solo se dispone del informe de calibración del alta. Así pues, se recogerán los datos de los próximos informes de calibración para, en un futuro, calcular un periodo de calibración óptimo.

-Puntos de calibración:

Balanza con un rango de 0-6200 g, donde se realizaban calibraciones en los puntos 100, 500, 1000, 2000, 4000 y 6000.

En esta balanza hay que asegurar gran parte del rango debido a la gran variedad de muestras utilizadas en la misma.

Las próximas calibraciones se realizarán en los puntos 25, 50, 100, 500, 1000 y 2000.

- ENSAYOS CON PESAS:

**-F0200 500 0001:** Ensayo de caída de bolas.

Con este equipo se realizan ensayos según la norma PV 3905, en donde se especifican las siguientes tolerancias:

$$T(\text{peso}) = \pm 5 \text{ g}$$

$$T(\text{altura}) = \pm 1 \text{ mm}$$

Para establecer una incertidumbre máxima admisible utilizamos la siguiente formula:

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm}(\text{peso}) = \frac{T}{2 \times 3} = 1.67$$

$$I_{adm}(\text{altura}) = \frac{T}{2 \times 3} = 0.67$$

\*  $I_{cr}(\text{altura})=0.04$ ,  $I_{cr}(\text{peso})=4.35$

Habría que aplicar una corrección en el peso de las bolas de -4 gramos, lo que es imposible. (Ver si afecta mucho este error)

**-F0208 250 2001:**

Este equipo se pone fuera de uso porque no lo usa nadie.



- MÁQUINAS DE ENSAYOS:

Las máquinas de ensayos son equipos donde se realizan ensayos a tracción y compresión. La calibración de estos equipos es muy complicada y requiere de una gran precisión.

En el laboratorio hay dos equipos de estas características: **F1114 320 1001** (Dinamómetro de ensayos Zwick) y **F1114 425 1002** (Máquina de ensayos).

En otros dinamómetros manuales se establece una incertidumbre máxima permisible del 8%. Sin embargo, estos equipos requieren de una precisión mayor para la realización de los ensayos. La incertidumbre máxima permisible ha de ser relativa, puesto que la incertidumbre aumenta conforme aumenta el valor nominal, y la precisión requerida aumenta conforme disminuye el valor nominal.

Así pues, se establece una incertidumbre máxima permisible del 0.5% del valor nominal.

Este valor de incertidumbre máxima permisible no será lo que determine la aceptación de la validez del equipo, sino que se tomará como referencia a la hora de estudiar la estabilidad de los resultados de las calibraciones a lo largo de los años.

**La aceptación de la validez del equipo la determinará el mismo usuario valorando los resultados de los informes de calibración, en función de las necesidades requeridas por los ensayos y los valores máximos establecidos por el fabricante.**

Tabla 16. Valores máx. dados por el fabricante para la maquina de ensayos F1114 320 1001

Anhang: zulässige Grenzwerte / Anexo: valores máximos permitidos

Kraft gemäß / Fuerza conforme:  
 DIN EN ISO 7500-1:

Maschinen- klasse Clase de la máquina	Höchstzulässiger Wert in % Valor máximo permitido en %				
	Relative Anzeigeabweichung Error relativo de precisión q	Relative Wiederholpräzision Error relativo de repetibilidad b	Relative Umkehrspanne Error relativo de reversibilidad v	Relative Nullpunktabweichung Error relativo de cero f <sub>0</sub>	Relative Auflösung Resolución relativa a
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	± 0,05	0,25
1	± 1,0	1,0	± 1,5	± 0,1	0,5
2	± 2,0	2,0	± 3,0	± 0,2	1,0
3	± 3,0	3,0	± 4,5	± 0,3	1,5

Länge gemäß / Desplazamiento conforme:  
 DIN EN ISO 9513:

Klasse der Längen- änderungs- Mess- einrichtung Clase de extensómetro	Längenänderungs-Messeinrichtung (höchstzulässige Werte) Extensómetro (valores máximos permitidos)				
	Relative Abweichung der Anfangs- Gerätelänge Error relativo sobre la longitud base q <sub>Le</sub> in %	Auflösung <sup>1)</sup> Resolución <sup>1)</sup>		Anzeigeabweichung <sup>1)</sup> Error de exactitud <sup>1)</sup>	
		Auf die jeweilige Längen- änderung bezogener, relativer Wert Porcentaje de lecturas r/l <sub>i</sub> in %	Absolut- wert Valor absoluto r in µm	Relativer Wert Valor relativo q in %	Absolut- wert Valor absoluto l <sub>i</sub> - l <sub>t</sub> in µm
0,5	± 0,5	0,25	0,5	± 0,5	± 1,5
1	± 1,0	0,5	1,0	± 1,0	± 3,0
2	± 2,0	1,0	2,0	± 2,0	± 6,0

<sup>1)</sup> Der größere Wert ist jeweils zulässig. / El valor que sea mayor de ambos.

Tabla 17. Valores máx. dados por el fabricante para la máquina de ensayos F1114 425 1002

**Anhang: zulässige Grenzwerte / Anexo: valores máximos permitidos**

Kraft gemäß / Fuerza conforme:  
 DIN EN ISO 7500-1 mit Beiblatt 4 / con suplemento 4:

Maschinen- klasse Clase de la máquina	Höchstzulässiger Wert in % Valor máximo permitido en %					
	Relative Anzeigeabweichung Error relativo de precisión $q$	Relative Wiederholpräzision Error relativo de repetibilidad $b$	Relative Umkehrspanne Error relativo de reversibilidad $v$	Relative Nullpunkt- abweichung Error relativo de cero $f_0$	Relative Auflösung Resolución relativa $a$	Relative Messunsicherheit Incertidumbre relativa $U$
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	± 0,05	0,25	0,3
1	± 1,0	1,0	± 1,5	± 0,1	0,5	0,5
2	± 2,0	2,0	± 3,0	± 0,2	1,0	1,1
3	± 3,0	3,0	± 4,5	± 0,3	1,5	1,6

Länge gemäß / Desplazamiento conforme:  
 DIN EN ISO 9513 mit Anhang A / con anexo A:

Klasse der Längen- änderungs- Mess- einrichtung Clase de extensómetro	Längenänderungs-Messeinrichtung (höchstzulässige Werte) Extensómetro (valores máximos permitidos)						
	Relative Abweichung der Anfangs- Gerätemess- länge Error relativo sobre la longitud base $q_{Le}$ in %	Auflösung <sup>1)</sup> Resolución <sup>1)</sup>		Anzeigeabweichung <sup>1)</sup> Error de exactitud <sup>1)</sup>		Messunsicherheit <sup>1)</sup> Incertidumbre relativa <sup>1)</sup>	
		Auf die jeweilige Län- genänderung bezogener, relativer Wert Porcentaje de lecturas $r/l_i$ in %	Absolut- wert Valor absoluto $r$ in $\mu\text{m}$	Relativer Wert Valor relativo $q_b$ in %	Absolut- wert Valor absoluto $q_b = l_i - l_t$ in $\mu\text{m}$	Relativer Wert Valor relativo $U$ in %	Absolut- wert Valor absoluto $U$ in $\mu\text{m}$
0,5	± 0,5	0,25	0,5	± 0,5	± 1,5	0,3	0,8
1	± 1,0	0,5	1,0	± 1,0	± 3,0	0,6	1,7
2	± 2,0	1,0	2,0	± 2,0	± 6,0	1,2	3,3

1) Der größere Wert ist jeweils zulässig. / El valor que sea mayor de ambos.

-Periodos de calibración: Se analizan los resultados de los informes de calibración de ambos equipos.

**-F1114 320 1001:** Dinamómetro de ensayos Zwick.

16/02/2010:

Fuerza: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.24\%$

-Ensayo a compresión:  $I_{cr}=0.24\%$

Longitud: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.15\%$  (travesero);  $I_{cr}=0.42\%$  (ex. óptico)

21/02/2012:

Fuerza: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.24\%$

-Ensayo a compresión:  $I_{cr}=0.24\%$

Longitud: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.15\%$  (travesero)

03/04/2014:

Fuerza: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.26\%$

-Ensayo a compresión:  $I_{cr}=0.26\%$

Longitud: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.15\%$  (travesero);  $I_{cr}=0.26\%$  (ex.optico)

26/04/2016:

Fuerza: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.26\%$

-Ensayo a compresión:  $I_{cr}=0.26\%$

Longitud: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.15\%$  (travesero);  $I_{cr}=0.19\%$  (ex.optico)

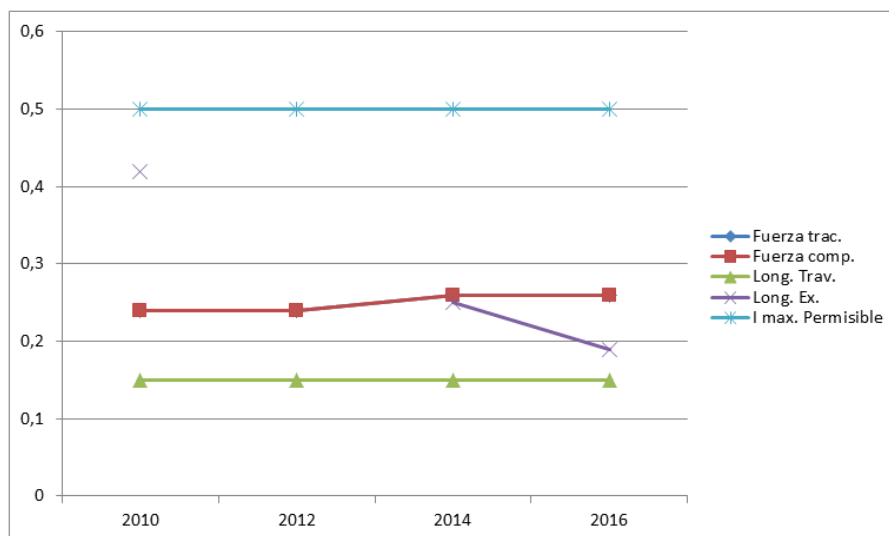


Ilustración 45. Deriva de la incertidumbre de la máquina de ensayos F1114 320 1001

**-F1114 425 1002:** Maquina de ensayo

01/04/2014:

Fuerza: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.29\%$

-Ensayo a compresión:  $I_{cr}=0.22\%$

Longitud: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.15\%$  (travesero)

$I_{cr}=0.15\%$ (ex. 066550)

$I_{cr}=1\%$ (ex. B066790)

27/04/2016:

Fuerza: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.23\%$

-Ensayo a compresión:  $I_{cr}=0.21\%$

Longitud: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.15\%$  (travesero)

$I_{cr}=0.15\%$ (ex. 066550)

$I_{cr}=0.88\%$ (ex. B066790)

02/03/2017:

Fuerza: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.26\%$

-Ensayo a compresión:  $I_{cr}=0.26\%$

Longitud: -Ensayo a tracción:  $I_{cr}=0.15\%$  (travesero)

$I_{cr}=5.1\%$ (ex. BZ2-EXC55000A)

-Ensayo a compresión:  $I_{cr}=0.15\%$  (travesero)

-Ensayo de anchura:  $I_{cr}=0.24\%$  (ex. B066790)

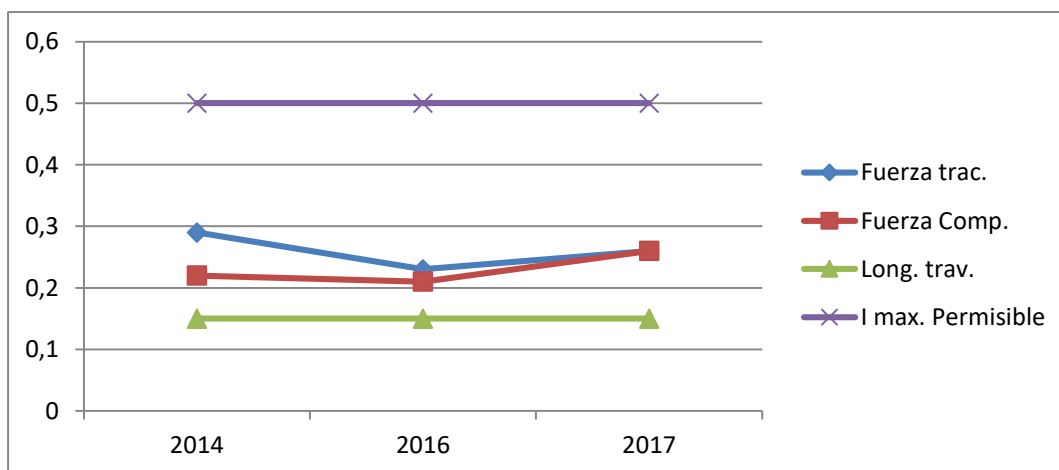


Ilustración 46. Deriva de la incertidumbre de la máquina de ensayos F1114 425 1002

- DINAMÓMETROS MANUALES:

Hay 10 equipos en el laboratorio. Vamos a establecer una incertidumbre admisible máxima en base a la división de escala:

$$0.5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

La incertidumbre deberá estar comprendida entre  $0.5 \cdot D$  y  $10 \cdot D$ .

Sabiendo que en caso de acercarse a los límites se acercara al superior.

$$I_{adm} = 10 \times D$$

**-F1125 005 2001:**  $D=0.1$ ,  $I_{cr}=0.68$

$$I_{adm} = 10 \times D = 1$$

**-F1125 010 2001:**  $D=0.1$ ,  $I_{cr}=0.2$

$$I_{adm} = 10 \times D = 1$$

**-F1125 010 2004:** Pendiente de reparación

**-F1125 025 2001:**  $D=0.1$ ,  $I_{cr}=0.2$

$$I_{adm} = 10 \times D = 1$$

**-F1125 050 2013:** Ver división de escala.

$$I_{adm} = 8\%$$

**-F1125 120 1001:**  $D=0.01$ ,  $I_{cr}=0.063$

$$I_{adm} = 8\%$$

Para establecer los criterios de aceptación del resto de dinamómetros de la fábrica se usará el mismo método, donde la incertidumbre máxima admisible dependerá de la división de escala y del rango de medida del equipo.

A los dinamómetros cuyo rango de medida sea muy grande, se le aplicara el mismo criterio que a las llaves dinamométricas, donde establecíamos una incertidumbre máxima admisible del 8% del valor nominal.

Para los dinamómetros cuyo rango de medida sea muy pequeño con respecto a la división de escala, se establece una incertidumbre máxima admisible de 5 veces la división de escala (en vez de 10).

-Periodos de calibración:

En los documentos de proceso de calibración para dinamómetros especificados por la Dirección General de Política Tecnológica del Ministerio de Industria, se especifica que los dinamómetros se calibraran en un periodo máximo de 24 meses. Pasan de un periodo de 12 a 24 meses.

- LLAVES DE PAR Y ANGULO:

En el laboratorio de Análisis Vehículo hay dos llaves dinamométricas (**F2123 060 1001** y **F2123 120 1001**), que seguirán el mismo criterio de aceptación que el resto de herramientas de par, explicado detalladamente en el apartado de herramientas de par y atornillado de equipos y herramientas de fábrica.

-Momento par:  $I_{adm}=8\%$

-Angulo:  $I_{adm}=5\%$

- ATORNILLADORES:

Existen dos llaves dinamométricas (**F2215 002 1001** y **F2215 050 1001**), que seguirán el mismo criterio de aceptación que el resto de herramientas de par, explicado detalladamente en el apartado de herramientas de par y atornillado de equipos y herramientas de fábrica.

-Momento par:  $I_{adm}=8\%$

- TORCOMETROS DE PAR Y FUERZA:

En el laboratorio de Análisis Vehículo hay un torcómetro o transductor, que seguirá el mismo criterio de aceptación que el resto de herramientas de par, explicado detalladamente en el apartado de herramientas de par y atornillado de equipos y herramientas de fábrica.

-Momento par:  $I_{adm}=5\%$

Este equipo se calibra externamente por lo que será el propio usuario del equipo quien valore su aceptación, con los resultados obtenidos del informe de calibración, de manera que pueda orientarse con el criterio de aceptación para torcómetros de par y fuerza.

-Periodo de calibración:

Es un equipo dado de alta en 2014, por lo tanto, no se tienen datos suficientes para poder estudiar la deriva y establecer un periodo de calibración óptimo para el equipo.

En adelante se registrarán los datos de todas las calibraciones hasta poder realizar el estudio de la deriva. Mientras tanto serán los usuarios del equipo quienes en función de las necesidades establezcan un periodo de calibración óptimo.

-Puntos de calibración:

La calibración de este equipo debe cubrir todo el rango de valores.

- DURÓMETROS:

Con estos equipos se realizan ensayos para analizar las propiedades de diferentes materiales.

Existen diferentes normas y especificaciones dependiendo del material a estudiar.

Para establecer unas tolerancias máximas admisibles habría que revisar las pautas de ensayo para cada material y ver las más restrictivas, pero no se dispone de todos los informes. Así pues, se le cambia el tipo de medida a la opción "Otros", para que el programa no realice ningún cálculo.

La calibración de estos equipos se realiza externamente, por lo tanto serán los propios usuarios los que evalúen los informes de calibración y valoren la aceptación de los equipos.

-Periodos y puntos de calibración: Se analizan los informes de calibración externos de cada uno de los equipos.

**-F3105 160 2001:** Durómetro Brinell.

30/11/2006:  $I_{cr}=3.1$

18/12/2008:  $I_{cr}=3.1$

16/12/2010:  $I_{cr}=2.3$

11/11/2014:  $I_{cr}=2.4$

08/11/2016:  $I_{cr}=2.4$

-Puntos de calibración:

Con este equipo se realizan ensayos para estudiar la dureza de los materiales, tales como aluminio, latón o cobre.

Se realiza el ensayo mediante la penetración de una punta de bola, con una determinada fuerza, y se analiza las dimensiones de la huella para asignarle una dureza.

Primero se escoge el diametro de la punta de bola con la que se va a realizar el ensayo y mediante el siguiente metodo se escoge la fuerza a aplicar:

Se tien una constante  $F/D^2$  que según el material que estudie tendra un valor u otro.

-Latón o cobre:  $F/D^2=5$

\*Teniendo el diametro despejamos la fuerza.

-Aluminio:  $F/D^2=10$

-Acero:  $F/D^2=30$

Hasta la fecha estos son los puntos en los que se ha estado realizando la calibración:



### RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALIBRACION

Los resultados de calibración obtenidos han sido los siguientes:

A.- Verificación con probetas patrón

Escala Brinell HBS 2,5/62,5

Placa patrón	Certificado placa patrón	Valores medidos					Media HB/mm	Error HB	Repetibilidad HB/mm	Incertidumbre (%)
		HB/mm								
135,5	UKAS 0471-01346	133	133	135	131	135	133,1	-2,4	3,6	2,4
		0,765	0,765	0,760	0,770	0,760	0,7640		0,0100	
204,5	UKAS 0471-01347	197	197	200	200	197	199,8	-4,7	3,2	2,3
		0,630	0,630	0,625	0,625	0,630	0,6260		0,0050	

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95 %. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02.

**En el cálculo de la incertidumbre no se ha tenido en cuenta la corrección.**

Los resultados se refieren únicamente a los objetos sometidos a ensayo o calibración y al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Ilustración 47. Resultados de las calibraciones del durómetro Brinell

Los puntos de calibración 135,5 y 204,5 son adecuados y conformes con los utilizados en los ensayos. Sin embargo también se realizan ensayos de dureza Rockwell, en los que habra que calibrar los siguientes puntos:

-HR B: 90

-HR C: 20 y 30

**-F3203 220 2001:** Durómetro Vickers.

30/11/2006:  $I_{cr}=8.3$

18/12/2008:  $I_{cr}=8.3$

16/12/2010:  $I_{cr}=27.7$

08/11/2012:  $I_{cr}=4.2$

11/11/2014:  $I_{cr}=3.86$

08/11/2016:  $I_{cr}=4.6$

*\*Algunos de estos resultados salen extremadamente grandes debido a la mala realización de la calibración.*

-Puntos de calibración:

En este equipo los ensayos se realizan con una punta cónica, que al penetrar en el material deja una huella con forma de rombo, con dos diagonales. La medida que se tiene que tomar es



la de la diagonal, y en caso de que una diagonal diste mucho de la otra, se tomara la media de las dos diagonales. Dependiendo de la longitud de la diagonal se le asignara una dureza al material.

Estos son los puntos que se han estado calibrando hasta ahora:

<b>RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALIBRACION</b>										
Los resultados de calibración obtenidos han sido los siguientes:										
A.- Verificación con probetas patrón										
Escala Vickers HV 30										
Placa patrón	Certificado placa patrón	Valores medidos					Media HV/mm	Error HV	Repetibilidad HV/mm	Incertidumbre %
		HV/mm								
175	UKAS 0131-13018	174,9	175,6	174,3	174,9	174,9	174,9	-0,1	1,2	1,1
		0,5640	0,5630	0,5650	0,5640	0,5640	0,5640		0,0020	
441	NAMAS 0131-13019	439,1	441,6	444,0	444,0	444,0	442,6	1,6	5,0	1,2
		0,3560	0,3550	0,3540	0,3540	0,3540	0,3546		0,0020	
818	NAMAS 0131-13020	811	817	817	817	823	816,9	-1,1	12,5	1,2
		0,262	0,261	0,261	0,261	0,260	0,2610		0,0020	
Escala Vickers HV 1										
Placa patrón	Certificado placa patrón	Valores medidos					Media HV/mm	Error HV	Repetibilidad HV/mm	Incertidumbre %
		HV/mm								
222	UKAS 0131-13115	224	224	214	224	219	221	-0,9	9,5	2,5
		0,0910	0,0910	0,0930	0,0910	0,0920	0,0916		0,0020	
564	NAMAS 0131-13007	591	571	571	551	551	567	3,2	40,1	3,8
		0,0560	0,0570	0,0570	0,0580	0,0580	0,0572		0,0020	
791	NAMAS 0131-13008	840	773	805	773	773	792	1,5	67,1 *	4,6
		0,0470	0,0490	0,0480	0,0490	0,0490	0,0484		0,0020 *	
<p>La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre de medición por el factor de cobertura <math>k=2</math> que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95 %. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02.</p> <p><b>En el cálculo de la incertidumbre no se ha tenido en cuenta la corrección.</b></p> <p>Los resultados se refieren únicamente a los objetos sometidos a ensayo o calibración y al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.</p>										

Ilustración 48. Resultados de las calibraciones del durómetro Vickers

Se observa como se realizan calibraciones para dos valores de fuerza, 1 kg y 30 kg, que son los extremos del rango de medida. Ahí está el primero fallo, puesto que la mayoría de los ensayos realizados con este durómetro se realizan con una carga de 10 kg. Por lo tanto habrá que calibrar con esa carga, con placas patrón de 175, 300 y 450 HV de dureza.

Con la carga de 1 kg se realizan calibraciones para placas patrón de 564 y 791 HV, algo que no tiene sentido alguno, debido a la dificultad de apreciación de la huella: con la mínima variación de la longitud de la diagonal (0.001 mm), la dureza varía hasta en 30 unidades para la placa de

791 HV y 20 unidades para la placa de 564 HV. Por lo tanto para 1 kg, se calibrara con placas patron de 175 HV.

Con la carga de 30 kg se realizan calibraciones con durezas de 818 HV (excesivamente grandes) y 175 HV (excesivamente pequeña para 30 kg), por lo que en adelante se calibrara únicamente con placas patrón de 564 HV.

CALIBRACIONES: -1 kg: 175 HV

-10 kg: 175, 300 y 450 HV

-30 kg: 564 HV

**-F3206 195 2001:** Durómetro HL.

18/09/2013:  $I_{cr}=1.5$

No se dispone de más informes de calibración de este equipo.

-Puntos de calibración:

El funcionamiento de este equipo es diferente al del resto de los durometros en la que se le aplicaba una carga para medir la penetración.

Se lanza un cuerpo de impacto con una sonda de punta de metal duro utilizando la energía del resorte contra la muestra que debe medirse, y despues rebota. La relación de la velocidad de rebote con la velocidad de impacto, multiplicada por 1000, da como resultado el valor de la dureza HL.

Con este equipo se deben medir muestras de ciertas características para que sean fiables los resultados (variacion del rebote): peso minimo, grosor minimo, etc.

Se observa como se realizan calibraciones para una dureza de 755 HV, cuando no se dispone de materiales de tanta dureza. Por lo tanto se realizaran calibraciones con durezas de 164.6, 270 y 446.5 HV.

Escala Vickers HV										
PATRON	CERTIFICADO	VALORES HV					MEDIA HV	ERROR HV	REPETI. HV	INCERT. %
164,6	UKAS 0471-03074	164	166	166	167	169	166,4	1,8	5,0	1,5
446,5	NAMAS 0471-03066	444	446	447	448	450	447,0	0,5	6,0	1,3
755,0	UKAS 0471-03067	753	755	755	758	759	756,0	1,0	6,0	1,3

La calibración se ha llevado a cabo realizando lecturas  $L_D$  sobre los patrones y convirtiendo dicha lectura en valores de dureza mediante las tablas facilitadas por el fabricante o mediante conversión interna realizada por el propio del mensurando.

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95 %. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02.

Ilustración 49. Resultados de calibraciones del durómetro HL

**-F3605 110 2001: Durómetro de bola (Frank).**

Se tienen calibraciones del 17/11/2014 y 16/11/2016 con los siguientes resultados, en los que no se expresa la incertidumbre, pero que conociendo el valor de incertidumbre del patrón con el que se realiza la calibración se podría calcular. En un futuro se estudiará la deriva de la incertidumbre para calcular y establecer un periodo de calibración óptimo para el equipo.

17/11/2014:

A.- Medición de cargas

NOMINAL N	MEDIDOS N					MEDIA N	ERROR %
9,81 (Pre.)	9,795	9,785	9,834	9,805	9,810	9,8061	-0,04
49,05	49,055	49,035	49,001	49,011	48,947	49,0100	-0,08
132,43	132,574	132,535	132,481	132,642	132,530	132,5522	0,09
358,06	358,133	358,167	358,339	358,265	358,192	358,2192	0,04
961,38	957,914	958,360	958,924	959,056	958,880	958,6270	-0,29

B.- Verificación profundidad de penetración

NOMINAL mm	MEDIDOS mm					MEDIA mm	ERROR %
0,1	0,0850	0,0875	0,0875	0,0900	0,0850	0,0870	-13,00
0,2	0,2000	0,2000	0,1975	0,2000	0,2000	0,1995	-0,25
0,3	0,3050	0,3050	0,3075	0,3050	0,3050	0,3055	1,83
0,4	0,4000	0,4000	0,3975	0,3975	0,4000	0,3990	-0,25
0,5	0,5025	0,5050	0,5050	0,5025	0,5050	0,5040	0,80
0,6	0,6025	0,6020	0,6025	0,6025	0,6025	0,6024	0,40
0,7	0,7000	0,7025	0,7025	0,7000	0,7000	0,7010	0,14
0,8	0,8050	0,8075	0,8075	0,8075	0,8050	0,8065	0,81
0,9	0,8975	0,8975	0,9000	0,9000	0,9000	0,8990	-0,11
1,0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,00

*Ilustración 50. Resultados de la calibración del durómetro de bola-17/11/2014*

16/11/2016:

A.- Medición de cargas

NOMINAL N	MEDIDOS N					MEDIA N	ERROR %
9,81 (Pre.)	9,78	9,82	9,87	9,86	9,87	9,84	0,31
49,05	48,76	48,77	48,78	48,75	48,62	48,74	-0,64
132,43	132,20	132,26	132,30	132,38	132,26	132,28	-0,11
358,06	357,81	357,86	357,83	357,84	357,78	357,82	-0,07
961,38	956,94	958,52	958,55	958,49	958,31	958,16	-0,33

B.- Verificación profundidad de penetración

NOMINAL mm	MEDIDOS mm					MEDIA mm	ERROR %
0,1	0,0925	0,0900	0,0900	0,0925	0,0925	0,0915	-8,50
0,2	0,1975	0,1975	0,2000	0,2000	0,1975	0,1985	-0,75
0,3	0,3050	0,3050	0,3075	0,3025	0,3050	0,3050	1,67
0,4	0,4000	0,4050	0,4000	0,4025	0,4025	0,4020	0,50
0,5	0,5000	0,5000	0,5000	0,5025	0,5050	0,5015	0,30
0,6	0,6050	0,6025	0,6025	0,6050	0,6025	0,6035	0,58
0,7	0,7025	0,7050	0,7075	0,7075	0,7050	0,7055	0,79
0,8	0,8050	0,8075	0,8025	0,8025	0,8025	0,8040	0,50
0,9	0,9000	0,9000	0,9000	0,9025	0,9025	0,9010	0,11
1,0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0025	1,0025	1,0010	0,10

*Ilustración 51. Resultados de la calibración del durómetro de bola-16/11/2016*

-F3905 217 2001: Microdurómetro.

11/11/2014:  $I_{cr}=37.7$

08/11/2016:  $I_{cr}=30.5$

*\*Estos valores de incertidumbre son muy grandes debido a la mala realización de la calibración.*

En adelante se registrarán los datos de las calibraciones ya modificadas, para poder estudiar la deriva de los resultados y establecer un periodo de calibración óptimo para el equipo.

-Puntos de calibración:

Los ensayos se realizan igual que con el durometro Vickers, y en función de la longitud de la diagonal de la huella se le asigna una dureza al material.

<b>RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALIBRACION</b>											
Los resultados de calibración obtenidos han sido los siguientes:											
A.- Verificación con probetas patrón											
Escala Vickers HV 1											
Placa patrón	Certificado placa patrón	Valores medidos HV/mm					Media HV/mm	Error HV	Repetibilidad HV/mm	Incertidumbre %	
222	UKAS 0131-13115	231 0,0897	232 0,0895	230 0,0898	231 0,0896	231 0,0896	230,8 0,08964	8,8	1,5 0,00030	1,0	
564	NAMAS 0131-13007	579 0,0566	573 0,0569	569 0,0571	567 0,0572	575 0,0568	572,5 0,05692	8,5	12,1 0,00060	1,3	
791	NAMAS 0131-13008	808 0,0479	808 0,0479	802 0,0481	805 0,0480	812 0,0478	807,1 0,04794	16,1	10,1 0,00030	1,1	
Escala Vickers HV 0,3											
Placa patrón	Certificado placa patrón	Valores medidos HV/mm					Media HV/mm	Error HV	Repetibilidad HV/mm	Incertidumbre %	
224	NAMAS 0131-13000	229 0,0493	230 0,0492	225 0,0497	227 0,0495	231 0,0491	228,4 0,04936	4,4	5,5 0,00060	1,4	
573	NAMAS 0131-13001	554 0,0317	554 0,0317	572 0,0312	575 0,0311	568 0,0313	564,5 0,03140	-8,5	21,6 0,00060	2,1	
780	NAMAS 0131-13002	798 0,0264	792 0,0265	823 0,0260	805 0,0263	823 0,0260	808,3 0,02624	28,3	30,8 0,00050	2,2	
La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre de medición por el factor de cobertura $k=2$ que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95 %. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02.											
<b>En el cálculo de la incertidumbre no se ha tenido en cuenta la corrección.</b>											
Los resultados se refieren únicamente a los objetos sometidos a ensayo o calibración y al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.											

Ilustración 52. Resultados de calibraciones del microdurómetro

Siguiendo el mismo criterio, se retiran las calibraciones con las durezas 222 y 780 HV, para cargas de 1 y 0.3 kg respectivamente.

Así se realizarán calibraciones con durezas de 564 y 791 HV con cargas de 1 kg, y durezas e 300 y 573 HV con cargas de 0.3 kg.

**-F4105 110 1001: Multidurómetro Bareiss**

Se trata de una situación parecida a la del durómetro de bola. Informes de calibración de 2 años distintos únicamente, en los que si se ofrecen datos de incertidumbre. Así pues, con las próximas calibraciones se estudiará la deriva de los resultados para establecer un periodo de calibración óptimo para el equipo.

-En los durómetros en los que no se especifica nada de los puntos y valores de calibración, se debe calibrar todo el rango de valores.

-Se expresan los resultados de las últimas calibraciones con el fin de establecer unos periodos de calibración. Estas calibraciones muestran la estabilidad de los resultados de incertidumbre a lo largo de los años. Sin embargo, al no tener una incertidumbre máxima permisible, no se puede realizar el cálculo para establecer un periodo de calibración, puesto que no hay posibilidad de comparar los resultados de la calibración. Por lo tanto, **serán los propios usuarios del equipo quienes analicen y valoren los resultados, y establezcan el periodo de calibración conveniente.**

*\*A los durómetros se les realiza comprobaciones internas mediante patrones de dureza. Habría que estudiar la posibilidad de pasar a calibrar estos equipos internamente mediante este método. Para ello habría que asegurar la certificación de los patrones, y hasta qué punto tienen autoridad para realizar calibraciones. De esta manera se pasaría a calibrar externamente los patrones de dureza en lugar de los durómetros.*

## 7.2.4- EQUIPOS ÓPTICOS:

- REFRACTÓMETRO:

-OP305 040 1001:

Se calculará la incertidumbre admisible en base a la división de escala:  $D=0,00001$ .

$$0.5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

El equipo tiene un rango de mediciones de 0-40 de índice de refracción, un valor máximo muy alto en comparación con la resolución. Por lo tanto se utiliza la siguiente tabla.

RANGO DE MEDIDA HASTA	VALOR ACEPTABLE INCERTIDUMBRE
$10^3 D$	$I \leq 10^1 D$
$10^5 D$	$I \leq 10^2 D$
$10^7 D$	$I \leq 10^3 D$
$10^9 D$	$I \leq 10^4 D$

El rango de medida de estos instrumentos es de 0-40 mm y la división de escala 0,00001, por lo tanto la relación de ambos es de  $4000000 \cdot D$ , por lo que según la tabla e interpolando, se puede aceptar una incertidumbre máxima de  $100 \cdot D$ .

$$I_{adm} = 100 \times D = 0.001$$

-Periodos de calibración:

07/07/2008:  $I_{cr}=0,4$

04/07/2012:  $I_{cr}=0,2$

Despues de la calibración de 2012, se cambia de laboratorio para realizar las calibraciones externas, debido a la insatisfacción de los usuarios de laboratorio. Por lo tanto se tendrán en consideración las calibraciones siguientes.

30/07/2014:  $I_{cr}=0,00038$

06/06/2016:  $I_{cr}=0,000358$

Para poder establecer un periodo de calibración en base a la deriva de la incertidumbre más crítica, sería necesario precisar de datos de un número mayor de calibraciones.

Así pues con los datos que se obtengan de las próximas calibraciones se procederá a calcular un periodo de calibración óptimo para el equipo.

- CÁMARAS DE TONOS:

Existen tres cámaras de tonos de una misma familia OP900 000, en el laboratorio. Los equipos son calibrados externamente. La aceptación del equipo la deberá valorar el propio usuario de los equipos, en función de las exigencias de las normativas a las que se sujeten los ensayos realizados con los mismos.

-Periodo de calibración:

**-OP900 000 0001:** Cámara de tonos.

08/02/2007:  $I_{cr}=0.79$

26/02/2013:  $I_{cr}=0.69$

17/12/2015:  $I_{cr}=0.82$

Al no establecerse una incertidumbre máxima permisible para la validez de los equipos, no se puede calcular un periodo de calibración óptimo para el equipo. Sera el mismo usuario quien establezca, en base al uso, las exigencias y restricciones del equipo, y la estabilidad de los resultados de las calibraciones, un periodo de calibración.

**-OP900 000 0003:** Cámara de tonos.

Solo se tiene una calibración. Se registrarán los resultados de las próximas calibraciones para poder calcular un periodo de calibración óptimo para el equipo.

**-OP900 000 0004:** Cámara de tonos.

Solo se tiene una calibración. Se registrarán los resultados de las próximas calibraciones para poder calcular un periodo de calibración óptimo para el equipo.

## 7.2.5- EQUIPOS DE PRESIÓN:

- MANÓMETROS:

Se trata de un gravelómetro del cual se calibra un manómetro que lleva incorporado.

**-P1105 006 1001:**

Manometro del Gravelometro con el que se hacen ensayos según la norma DINENISO 20567-1. Solo se le realiza la calibración al manometro del equipo, por lo tanto se buscan en la norma referencias de la presión.

En la tabla se especifica que la tolerancia mas restrictiva es  $\pm 5$ , pero teniendo en cuenta que no se hacen ensayos con esos valores de presion se tomará la de  $\pm 10$ .

Tabla 18. Tolerancias establecidas para los ensayos del gravelómetro

Method	Pressure kPa <sup>a</sup>	Mass of grit g	Time taken to project grit s
A	100 ± 5	2 × 500 <sup>+20</sup> <sub>0</sub>	2 × (10 ± 2)
B	200 ± 10	2 × 500 <sup>+20</sup> <sub>0</sub>	2 × (10 ± 2)
C	200 ± 10	1 × 500 <sup>+20</sup> <sub>0</sub>	10 ± 2
	200 ± 10	1 × 500 <sup>+20</sup> <sub>0</sub>	10 ± 2
followed by, for example, corrosion or weathering exposure, then			
	200 ± 10	1 × 500 <sup>+20</sup> <sub>0</sub>	10 ± 2
<sup>a</sup> 100 kPa = 1 bar.			

Se halla la incertidumbre máxima admisible en base a la siguiente relación entre incertidumbre y tolerancia: T=20

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{T}{2 \times 3} = 3.33$$



## 7.2.6- EQUIPOS QUÍMICOS:

- COLORÍMETROS:

**-Q1204 000 1001, Q1204 150 1004, Q1204 150 1006, Q1215 020 1001, Q1224 045 1001 y Q1235 050 1001:**

Son equipos en los que la calibración se realiza externamente. Serán los propios usuarios quienes valoren la aceptación de los equipos en función de los resultados de los informes de calibración. Por lo tanto no se establece una incertidumbre máxima permisible.

-Periodos de calibración:

Los colorímetros son equipos en los que se deposita mucha responsabilidad y tienen un uso muy elevado, por lo que es impensable ampliar los periodos de calibración. Se les realizara una calibración cada año.

El brillómetro se calibra cada 3 años, debido a la falta de uso. Estas calibraciones serán mayormente por mantenimiento.

- ESPECTRÓMETROS:

**-Q1420 000 1005:** Espectrofotómetro infrarrojos

Es un equipo que se calibra externamente y del que faltan informes de calibración. De manera que tanto **la aceptación de la validez como el periodo de calibración los establecerá el mismo usuario del equipo**, basándose en el uso, las exigencias de los ensayos realizados y los resultados obtenidos de los informes de calibración.

En adelante se registrarán todos los resultados obtenidos de los informes de calibración externos con el fin de estudiar la deriva de la incertidumbre, y con esta calcular un periodo de calibración óptimo para el equipo.

**-Q1430 000 1001:** Espectrofotómetro ultravioleta.

Se encuentra fuera de uso y se da de baja.

**-Q1510 000 1001:** Espectrómetro de emisión

Equipo que se calibra externamente. Con este equipo se realizan ensayos siguiendo diferentes normativas por lo tanto no se puede establecer una única incertidumbre máxima permisible. Así pues, tanto la aceptación de la validez del equipo como el periodo de calibración los establecerá el mismo usuario del equipo basándose en el uso, las exigencias de los ensayos realizados y los resultados obtenidos de los informes de calibración.

En adelante se registrarán todos los resultados obtenidos de los informes de calibración externos con el fin de estudiar la deriva de la incertidumbre, y con esta calcular un periodo de calibración óptimo para el equipo.

- ANÁLISIS TÉRMICO:

Existen dos equipos de una misma familia, en los que se realizan verificaciones internas. Se realizan ensayos siguiendo diferentes normativas por lo que no se puede establecer una incertidumbre máxima permisible. **Será el mismo usuario del equipo el que establezca una aceptación de la validez de los equipos en función del uso y las exigencias de las normativas.**

**-Q1610 000 1003:** Análisis térmico DSC.

-Periodos de calibración:

Se le realiza la calibración externamente. Es un equipo que se ha dado de alta en 2015, por lo que no se dispone datos suficientes para estudiar la deriva de los resultados. Para definir un periodo de calibración óptimo para el equipo se deberán registrar los resultados de las siguientes calibraciones.

-Puntos de calibración:

La calibración recogerá todo el rango de valores.

**-Q1620 000 1002:** Análisis térmico TGA.

-Periodos de calibración:

Se le realiza la calibración externamente. Es un equipo que se ha dado de alta en 2016, por lo que no se dispone de datos suficientes para estudiar la deriva de los resultados. Será el usuario del equipo también el que establezca un periodo de calibración o verificación en función de las necesidades y el uso.

-Puntos de calibración:

La calibración recogerá todo el rango de valores.

- XENOTEST BETA:

**-Q1720 000 2003:**

Se trata de un equipo con el que se realizan ensayos de acuerdo a las normas PV 1303 para piezas de interior y PV 3929 para piezas de exterior.

PV1303: Piezas de interior

*Tabla 19. Tolerancias establecidas para el Xenotest Beta para piezas de interior*

Para asegurar resultados de ensayo comparables entre el proveedor y el receptor, la selección del tipo de equipo que se va a utilizar en el caso especial debe efectuarse de acuerdo con el pertinente laboratorio de ensayo o el departamento de técnica de materiales en el Grupo Volkswagen.

Además, deben respetarse obligatoriamente los parámetros descritos en la tabla 1 durante los ensayos.

**Tabla 1**

Dispositivo de ensayo	Sistema de filtrado	Parámetro
Xenotest Alpha+	320 nm	- Temperatura estándar en negro (100 ± 3) °C
Xenotest Beta, Xenotest Beta LM, Xenotest Beta+		- Temperatura de la cámara de muestras (65 ± 3) °C
		- Humedad relativa del aire (20 ± 10)%
Xenotest 440		- Intensidad de radiación medida a 300 nm hasta 400 nm 60 W/m <sup>2</sup>
Q-SUN Xe-2	Window-Q	

En el laboratorio de calibración se calibran la temperatura de la cámara y la humedad relativa del aire en el interior de la misma.

Se establecerá una incertidumbre máxima admisible en función de la tolerancia máxima admisible mediante la siguiente relación:

Temperatura:  $T^{\circ} = \pm 3$

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{6}{2 \times 3} = 1$$

Humedad relativa:  $HR = \pm 10$

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{20}{2 \times 3} = 3.33$$

Para la temperatura estándar en negro se tendrá la misma  $I_{adm}$ .

PV3929: Piezas de exterior

Tabla 20. Tolerancias establecidas para el Xenotest Beta para piezas de exterior

Producto	Weather Ometer Ci 3000	Xenotest 1200 CPS	Xenotest alpha	Beta LM	Ci 4000	Suntest XXL+	Q-Panel	
Filtro	Pyrex S /Pyrex S Cambio según indicaciones del fabricante	3 UV Suprax especial Cambio según indicaciones del fabricante	Xenochrom 300 Cambio según indicaciones del fabricante		Pyrex S /PyrexS Cambio según indicaciones del fabricante	Filtro de cuarzo con revestimiento y filtro de luz natural de 300 nm	Filtro de luz natural	
Ciclo de probetas	Sólo es posible la marcha sincronizada	Marcha sincronizada			Marcha sincronizada	Equipo de base plana	Equipo de base plana	
Temperatura estándar en negro (°C)	90 ± 2							
Temperatura de la cámara de muestras en la fase de secado (°C)	50 ± 2							
Humedad relativa del aire (%)	20 ± 10							
Intensidad de la radiación (W/m²) (nm)	0,6 340	75 300 a 400						
Duración del ensayo (valor orientativo) (h)	1500				aproximadamente 1500			
Dosis de radiación (1 ciclo anual) (MJ/m²)	3,2		400					

Temperatura:

$$T^{\circ} = \pm 2$$

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{4}{2 \times 3} = 0.67$$

Humedad relativa:  $HR = \pm 10$

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{20}{2 \times 3} = 3.33$$

Estos valores de incertidumbre máxima permisible son muy restrictivos por lo que se aceptarán incertidumbres máximas de 2 y 5, para temperatura y humedad relativa respectivamente.

-Periodos de calibración:

Sera el usuario del equipo quien establezca un periodo de calibración o verificación interna, en base al uso, las exigencias de las normativas y los resultados obtenidos en las calibraciones.

- XENOCAL-XENOSENSITY:

**-Q1900 000 2001 y Q1900 000 2002:**

Existen dos equipos Xenocal con los que se comprueba TBST, potencia de lámpara, energía, etc.

Además, se realizan verificaciones del Xenotest para contrastar con estos equipos. Esto es, se utilizan de patrón para realizar verificaciones al Xenotest Beta.

Para establecer un criterio de aceptación se tendrá en cuenta que, si se utiliza de patrón del Xenotest, deberá tener una incertidumbre máxima permisible menor que la del propio Xenotest. También se tendrá en cuenta el uso y las exigencias de las normativas.

**Será el usuario del equipo quien valore la aceptación de la validez del equipo.**

-Periodos de calibración:

Es un equipo que se ha dado de alta en 2016 por lo que no se dispone de datos suficientes como para establecer un periodo de calibración optimo en base a la deriva de los resultados. Se registrarán los resultados de las siguientes calibraciones para calcular un periodo de calibración.

- DENSÍMETROS:

Se realizan ensayos para analizar el líquido de frenos, según la norma TL 766 en la que se indica lo siguiente:

*Tabla 21. Tabla de especificaciones de la norma TL 766 para ensayos con densímetros*

Nº	Propiedad	Unidad	Requisito		
			TL 766-X (DOT 4)	TL 766-Y (DOT 5.1)	TL 766-Z (DOT 4)
1	Densidad según <b>DIN 51757</b> a 20 °C	g/cm <sup>3</sup>	Según muestra		
2	Huella cromatográfica en fase gaseosa		Según muestra		
2.1	Contenido de hidrocarburo véase apartado 6.3	mg/kg (ppm)	< 30		
3	Viscosidad según DIN 51562-1				
3.1	A 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	> 4,2		
3.2	A 100 °C	mm <sup>2</sup> /s	> 1,5	> 2,2	> 1,5
3.3	A -40 °C Suministro < 0,15% H <sub>2</sub> O	mm <sup>2</sup> /s	< 1100	< 800	< 700

En la DIN 51757 nos indica que la densidad se determina en la DINENISO 3675.

Tabla 22. Tolerancias definidas en la norma DIN EN ISO 3675 para ensayos con densímetros

Einheit	Bereich	Jede Einheit	Skaleneinteilung	Maximale Fehlergrenze	Meniskus-korrektion
kg/m <sup>3</sup> bei 15 °C	600 bis 1100	20	0,2	± 0,2	+ 0,3
	600 bis 1100	50	0,5	± 0,3	+ 0,7
	600 bis 1100	50	1,0	± 0,6	+ 1,4
g/ml bei 15 °C	0,600 bis 1,100	0,02	0,000 2	± 0,000 2	+ 0,000 3
	0,600 bis 1,100	0,05	0,000 5	± 0,000 3	+ 0,000 7
	0,600 bis 1,100	0,05	0,001 0	± 0,000 6	+ 0,001 4

Para la mínima división de escala se establece una tolerancia máxima de ±0.2

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{0.4}{2 \times 3} = 0.067$$

Se contrasta con los resultados de las últimas calibraciones de los densímetros como cumplen con los criterios de aceptación establecidos.

-Q3000 000 2001: (Fuera de uso) No tiene calibraciones.

-Q3003 001 2006: (Fuera de uso)  $I_{cr} = 0,00128$

-Q3003 001 2006: (Fuera de uso)  $I_{cr} = 0,00205$

-Q3003 907 2002: (Fuera de uso)  $I_{cr} = 0,00214$

-Q3003 908 2001: (Fuera de uso)  $I_{cr} = 0,00216$

-Q3003 908 2002: (Fuera de uso)  $I_{cr} = 0,00216$

-Q3003 908 2004: (Fuera de uso)  $I_{cr} = 0,00116$

-Q3003 908 2005:  $I_{cr} = 0,00122$

-Q3003 908 2006: (Fuera de uso)  $I_{cr} = 0,00216$

-Q3003 909 2002:  $I_{cr} = 0,00172$

-Q3003 909 2004: (Fuera de uso)  $I_{cr} = 0,00016$

-Q3003 909 2005: (Fuera de uso)  $I_{cr} = 0,00018$

-Q3003 909 2006: (Fuera de uso)  $I_{cr} = 0,00118$

-Q3003 911 2003:  $I_{cr} = 0,00133$

-Q3003 912 2002:  $I_{cr} = 0,00103$

- VISCOSÍMETRO LAUDA:

**-Q5005 120 2001:**

Es un equipo con el que se realizan ensayos para el estudio del aceite de caja de cambios según la norma TL 52527. El único equipo sujeto a calibración es el termómetro, en el que se tiene que apreciar una temperatura de 100°C. En la norma no especifica ninguna tolerancia para dicha temperatura.

Debido a la similitud del ensayo de los densímetros, en los que también se calibra la temperatura, aplicaremos el mismo criterio de aceptación  $l_{adm}=0.5$

- CONDUCTIVÍMETRO:

**-Q9004 220 1001:**

No se puede establecer una incertidumbre máxima admisible, debido a la variedad de ensayos que se realizan con el equipo. Sera el propio usuario el que valore la aceptación del equipo en función de las necesidades y los resultados obtenidos de los informes de calibración.

Se cambiará el tipo de medida a “otros” para que el programa no realice cálculos sobre los datos de la calibración.

- MEDIDOR FLUIDEZ:

**-Q9005 130 1001:**

Este equipo se encuentra en reparación.

No se puede establecer una incertidumbre máxima admisible, debido a la variedad de ensayos que se realizan con el equipo. Sera el propio usuario el que valore la aceptación del equipo en función de las necesidades y los resultados obtenidos de los informes de calibración.

Se cambiará el tipo de medida a “otros” para que el programa no realice cálculos sobre los datos de la calibración.

- DETECTOR DE AGUA:

**-Q9005 905 1003:**

No se puede establecer una incertidumbre máxima admisible, debido a la variedad de ensayos que se realizan con el equipo. Sera el propio usuario el que valore la aceptación del equipo en función de las necesidades y los resultados obtenidos de los informes de calibración.

Se cambiará el tipo de medida a “otros” para que el programa no realice cálculos sobre los datos de la calibración.

## 7.2.7- VARIOS:

- ABRASÍMETROS:

Existen 4 equipos de una misma familia, VA050 000.

**-VA050 000 0001, VA050 000 0002, VA050 000 0006 y VA050 000 0007:**

Se realizan ensayos siguiendo diversas normas. En la norma VW 50129 se especifica como el ensayo se realiza según la norma DIN EN ISO 105-X12 donde aparece lo siguiente:

### 3.14 Abrasión sobre tejido por medio de Crockmeter

Ensayo según DIN EN ISO 105-X12:

Dispositivo de ensayo: tejido de fricción de algodón, sin encolante, blanqueado, exento de apresto.  
 Diámetro de pivote 16 mm: carga 1 kg para (30 - 90) ShA – 193 g ± 5% para caucho celular;  
 diámetro de pivote 8 mm: carga 250 g para (30 - 90) ShA – 185 g ± 5% para caucho celular

*Ilustración 53. Tolerancias establecidas en la norma DIN EN ISO 105-X12 para ensayos con abrasímetros*

Se establece una tolerancia máxima para la carga de ±5%. Vamos a aplicarla a todo el rango de valores.

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{10}{2 \times 3} = 1.67 \%$$

Frecuencia: (60 ± 5) desplazamientos/min

En la misma norma aparece una especificación referente a la tolerancia de los desplazamientos.

Unos equipos funcionan con desgaste mediante desplazamientos laterales, y otros con desgaste mediante el giro de una matriz (RPM). Por lo tanto se admitirá esa tolerancia para cualquier valor de movimiento que ocasione el desgaste en el ensayo, en tanto por ciento.

En un valor de desplazamientos de 60, el 10 supone el 16,67%.

Vamos a admitir una tolerancia máxima del 10% para evitar problemas con los resultados del ensayo.

$$3 \leq \frac{T}{2 \times I} \leq 10$$

$$I_{adm} = \frac{10}{2 \times 3} = 1.67 \%$$



- RIGIDÍMETRO:

**-VA064 110 0001:**

Con este equipo se realizan ensayos según las normas PV 3903 y TL 52319, en las que no se especifica ninguna tolerancia.

La calibración de este equipo se realiza externamente por lo que será el propio usuario el que valore la aceptación del equipo, en función de las necesidades, el uso y los resultados obtenidos de los informes de calibración. Se cambiará el tipo de medida a “otros” para que el programa no realice cálculos con los datos de la calibración.

- MEDIDOR INTENSIDAD MAGNÉTICA:

**-VA085 325 1001:**

Con este equipo se realizan ensayos según la norma PV 3951, en la que no se especifica ninguna tolerancia.

La calibración de este equipo se realiza externamente por lo que será el propio usuario el que valore la aceptación del equipo, en función de las necesidades, el uso y los resultados obtenidos de los informes de calibración. Se cambiará el tipo de medida a “otros” para que el programa no realice cálculos con los datos de la calibración.

- EQUIPOS DE RAYADO:

**-VA115 020 2001:** Lápiz de rayado.

Con este equipo se realizan ensayos según la norma TL 226 en la que se especifica lo siguiente.

3	Resistencia al rayado Ensayo con barra de ensayo de dureza de Erichsen modelo 318 <sup>a)</sup> o modelo 318 S <sup>a)</sup> con 10 N de carga y punta de ensayo según Bosch (Ø 0,75 mm)	No se admite ningún agrietamiento (erosión del material) de la pintura. Se admite una huella de presión en el sustrato a causa de la carga.
---	---	--

*Ilustración 54. Especificaciones de la norma TL 226 para ensayos con equipos de rayado*

Se realiza el ensayo con una fuerza de 10 N y con una punta de ensayo de 0.75 mm de diámetro.

No se especifica ninguna tolerancia.

Se establecerá una incertidumbre admisible máxima en función de la división de escala:

$$0.5 \leq \frac{I}{D} \leq 10$$

La incertidumbre deberá estar comprendida entre  $0.5 \cdot D$  y  $10 \cdot D$ .

-Para la fuerza se tiene una precisión de  $0.5N=D$ ,  $I_{adm}=0.5$ .

-Para el diámetro de la punta se tiene una precisión de  $0.001=D$ ,  $I_{adm}=0.01$ .

**-VA115 050 1001:** Equipo de rayado

Se realizan ensayos según la norma PV 3952 y PV 3947, donde se observan especificaciones de los parámetros a tener en cuenta, pero no establece ninguna tolerancia, por lo que se asignarán las siguientes:

-Borde de arandela:  $I_{adm}=0.01$

-Pesas:  $I_{adm}=10\%$

-Punta:  $I_{adm}=0.01$

-Distancia reticular 2mm:  $I_{adm}=0.3$

-Corte reticular 40mm:  $I_{adm}=0.3$

El ensayo se efectúa a $(23 \pm 5)$ °C. Con un dispositivo de rayado se realiza un patrón en cruz (corte reticular) de al menos 40 mm × 40 mm, véase figura 3.	
Parámetros de ensayo:	
Fuerza de apoyo:	F = 5 N y 10 N (para componentes no pintados, F depende de la posición en el vehículo y la sollicitación del componente) F = 10 N (para componentes pintados)
Velocidad de rayado:	v = 1 000 mm/min
Distancia reticular:	2 mm
Buril de rayado:	Ø 1 mm (por ejemplo, punta para grabar de la barra de prueba de dureza 318 de la empresa Erichsen GmbH & Co. KG)

Ilustración 55. Especificaciones de la normas PV 3952 y PV 3947 para ensayos con equipos de rayado

- **FISCHERSCOPE X-RAY:**

La calibración de este equipo se realiza externamente por lo que será el propio usuario el que valore la aceptación del equipo, en función de las necesidades, el uso y los resultados obtenidos de los informes de calibración. Se cambiará el tipo de medida a “otros” para que el programa no realice cálculos con los datos de la calibración.

-Periodo y puntos de calibración:

Será el usuario el que establezca un periodo y los puntos de calibración en función de las necesidades, el uso y la estabilidad de los resultados obtenidos de los informes de calibración.

## CONCLUSIONES

En este apartado se estudiará el alcance del proyecto, y de que manera se han cumplido los objetivos fijados por la empresa. En definitiva se estudiará el valor que el presente proyecto adquiere para la empresa, una vez finalizado, y el grado de utilidad que va a tener para los empleados de la misma.

Se consigue implantar un sistema de comunicación a seguir a la hora de realizar la calibración de un equipo o herramienta. De esta manera se asegura el cumplimiento de todos los pasos a realizar en la calibración de un equipo o herramienta.

Se consigue facilitar la migración del METRA al MAXIMO, mediante la documentación rigurosa de los cálculos realizados por el programa y una simulación de los mismos en una hoja de calculo Excel. Además se consigue garantizar que los datos migrados al MÁXIMO son fiables, y hay una explicación para cada uno de los datos.

La hoja de calculo de Excel simula todas y cada una de las operaciones que realiza el MÁXIMO, en lo que a calibraciones se refiere. De esta manera los usuarios podrán realizar pruebas en la hoja de calculo de Excel antes de introducir los valores de las calibraciones al MÁXIMO, y en caso de error, poder visualizarlo.

Se proporciona una guía para establecer los criterios de aceptación de cualquier equipo o herramienta. El objetivo de este apartado es servir de manual de instrucciones a la hora de establecer unos criterios de aceptación a equipos o herramientas nuevos, que no hayan sido estudiados.

Se proporciona una guía con los pasos a seguir para definir los periodos de calibración de cualquier equipo o herramienta. Este apartado es uno de los objetivos principales fijados por los responsables de calibración de la empresa, con el fin de evitar gastos innecesarios en calibraciones. A su vez, la función de este apartado es servir de defensa anta una auditoria, para acreditar que los periodos de calibración establecidos siguen ciertos criterios.

Se proporciona unos criterios de aceptación para los equipos y herramientas de toda la fábrica. Es otro de los objetivos principales del proyecto, para asegurar que los resultados de las calibraciones pasen una serie de criterios, y por tanto sean fiables.

Se proporciona el registro de las calibraciones de todos los equipos y herramientas del laboratorio de Análisis Vehículo. Este último apartado representa una base de datos de las últimas calibraciones de todos los equipos y herramientas del laboratorio de Tecnología de Materiales de la Dirección de Calidad de Volkswagen Navarra.

## BIBLIOGRAFIA

En este apartado se incluye una lista de todo el material consultado en la elaboración del proyecto: libros de texto, documentación impresa de Volkswagen, direcciones Web, normativas, etc.

### LIBROS

- Kirkup, L. and Frenkel, R.B. (2006). *“An Introduction to Uncertainty in Measurement using the Gum (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement)”*. Editado por Cambridge University.
- Bucher, J.L. (2004). *“The Metrology Handbook (Measurement Quality Division)”*. Editado por ASQ Pr.
- Bedoya, N., Yepes, O., Fernando, L., Alonso, J. y Restrepo J. (2016). *“Guías prácticas para la calibración de instrumentos de medición”*. Editado por Instituto Tecnológico Metropolitano.
- *“Guiones de prácticas de Metrología Dimensional”*. Autores: Carmelo Javier Luis Pérez, Miguel José Ugalde Barbería, Ignacio Puertas Arbizu, Lucas Álvarez Vega, Francisco Javier Rípodas agudo. Editado por la UPNA (colección ingeniería, 4).

### DIRECCIONES WEB

- Intranet Volkswagen Navarra
- <http://www.volkswagenag.com>
- <http://www.vw-navarra.es>
- <http://www.cem.es>
- <http://www.cem.es/sites/default/files/gum20digital1202010.pdf> - *“Evaluación de datos de medición. Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida”*.
- <http://www.enac.es>
- <http://www.laboratoriometrológico.com>
- <http://gestión-calidad.com/calibración>
- <http://cim.gob.sv/criterios-de-aceptación>
- <http://www.pbstruments.es/articulos%20004.htm>
- 

### NORMAS

- UNE-EN ISO 9001: 2008 Sistemas de gestión de la calidad.
- UNE-EN ISO 19011: 2012 Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión.
- UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- Norma interna de Volkswagen VW 01110-2.
- Norma interna de Volkswagen VW 440 45.
- DIN EN ISO 105-X12: Ensayos con abrasímetros.
- DIN EN ISO 3675: Ensayos con termómetros

- DIN EN ISO 3675: Ensayos con densímetros.
- DIN EN ISO 1172: Ensayos con polímeros en muflas.
- TL 526 58: Ensayos con polímeros en muflas.
- TL 217 y TL 244: Ensayos con recubrimientos en muflas.
- TL 226: Ensayos con equipos de rayado.
- TL 527: Ensayos con equipos de frío.
- PV 3952 y PV 3947: Ensayos con equipos de rayado.
- PV 3938: Ensayos con termohigrómetro digital.
- PV 1200 y PV 2005: Ensayos con cámaras climáticas.
- DINENISO 9227: Ensayos con cámaras de nievla salina.
- DINENISO 6270-2: Ensayos con cámaras de humedad.
- PV 3015: Ensayos con “Foggin Termostato-Criostato”.
- DINENISO 306: Ensayos con “Vicat baño y desplazamiento”.
- PV 3905: Ensayos con pesas (caída de bolas).
- DINENISO 20567-1: Ensayos con manómetros (gabelómetro).
- PV 1303 y PV 3929: Ensayos con Xenotest Beta.
- TL 52527: Ensayos con viscosímetro Lauda.
- PV 3903 y TL 52319: Ensayos con rigidímetro.
- PV 3951: Ensayos con medidor de intensidad magnética.