

TESIS DOCTORAL

***PROPUESTA METODOLÓGICA
PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE
DOCUMENTOS METROLÓGICOS:
APLICACIÓN AL CASO DE INSTRUMENTOS
COMPARADORES MECÁNICOS
EN EL ÁMBITO ESPAÑOL***

MARÍA JESÚS MARTÍN SÁNCHEZ

Ingeniera en Organización Industrial

ÁREA DE INGENIERÍA DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, DE MATERIALES Y FABRICACIÓN
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

para la obtención del Grado de Doctor



Málaga 2010



ÁREA DE INGENIERÍA DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, DE MATERIALES Y FABRICACIÓN
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

***PROPUESTA METODOLÓGICA
PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE
DOCUMENTOS METROLÓGICOS:
APLICACIÓN AL CASO DE INSTRUMENTOS
COMPARADORES MECÁNICOS
EN EL ÁMBITO ESPAÑOL***

MARÍA JESÚS MARTÍN SÁNCHEZ
Ingeniera en Organización Industrial

Director de la Tesis
Dr. D. MIGUEL ÁNGEL SEBASTIÁN PÉREZ

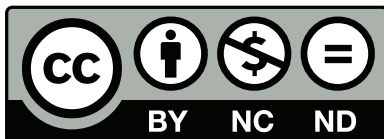




SPICUM
servicio de publicaciones

AUTOR: María Jesús Martín Sánchez

EDITA: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Málaga



Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons:
Reconocimiento - No comercial - SinObraDerivada (cc-by-nc-nd):

[Http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es)

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización
pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar,
transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de
la Universidad de Málaga (RIUMA): riuma.uma.es

D. Miguel Ángel Sebastián Pérez, Catedrático de Universidad del Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, en calidad de Director, y **D. Lorenzo Sevilla Hurtado**, Profesor Titular de Universidad del Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación de la Universidad de Málaga, AUTORIZAN la presentación a trámite de la Tesis Doctoral de la Ingeniera en Organización Industrial **Dña. María Jesús Martín Sánchez**, titulada *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE DOCUMENTOS METROLÓGICOS: APLICACIÓN AL CASO DE INSTRUMENTOS COMPARADORES MECÁNICOS EN EL ÁMBITO ESPAÑOL*.

Málaga 6 de septiembre de 2010

EL DIRECTOR DE LA TESIS

EL TUTOR DE LA TESIS



Fdo.: Miguel Ángel Sebastián Pérez

Fdo.: Lorenzo Sevilla Hurtado

EL DOCTORANDO

Fdo.: María Jesús Martín Sánchez

*A Lorenzo, Marcos y Clara,
por el tiempo que no les he dedicado*

Agradecimientos

Quiero dar las gracias a todos mis familiares, amigos, compañeros y cuantas personas me han ayudado y prestado su apoyo para la realización de esta Tesis. En especial:

A Marcos y a Clara, por sus, gratificantes interrupciones y sus oportunos abrazos.

A mis tíos, por darme la oportunidad de llegar hasta aquí.

A mi hermano, porque, siempre me ha apoyado incondicionalmente.

A mis primas, por estar siempre dispuestas cuando las he necesitado.

A mis compañeros más cercanos, en especial a mi amigo Paco, por facilitarme el trabajo durante el desarrollo de esta Tesis.

A los compañeros del Área de Conocimiento de Ingeniería de los Procesos de Fabricación de las universidades españolas y a las empresas y laboratorios que han colaborado desinteresadamente en el proceso de consulta externa de opinión.

A D. Miguel Ángel Sebastián Pérez, que ha sabido animarme y darme el empuje necesario en cada momento, aportando sus valiosos consejos y opiniones y sus dilatados conocimientos. Pero sobre todo, quiero darle las gracias por la confianza que ha depositado en mí y por el afecto y amistad que siempre me ha demostrado.

Por último, gracias a Lorenzo, por su infinita paciencia como esposo y su generosa colaboración como compañero, lo cual ha facilitado de forma inestimable la realización de esta Tesis.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN.....	14
1.1	Introducción	14
1.2	Objetivos	16
1.3	Estructura de la Tesis	17
2	EQUIPAMIENTO METROLÓGICO	21
2.1	Introducción	21
2.2	Instrumentos de medida	24
2.3	Comparadores mecánicos	28
3	CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DOCUMENTALES ESPAÑOLAS	41
3.1	Introducción	41
3.2	Centro Español de Metrología (CEM).....	41
3.3	Asociación Española de Normalización (AENOR).....	45
3.4	Sistema de Calibración Industrial (SCI).....	47
3.5	Asociación Española para la Calidad (AEC).....	49
4	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE LOS DOCUMENTOS METROLÓGICOS.....	52
4.1	Introducción	52
4.2	Antecedentes	53
4.2.1	Primeros procesos recopilatorios y clasificatorios	54
4.2.2	Recopilaciones en fabricación y metrología.....	55
4.2.3	Normativa CETA	56
4.2.4	Estructuración de normativa UNE.....	57
4.2.5	Sistema Integrado de Categorías Universales (SICU).....	62
4.2.6	Reflexión	64
4.3	Evaluación inicial de documentos.....	64
4.4	Resultados de las evaluaciones iniciales.....	68
4.5	Recapitulación	99
5	PROCESO DE CONSULTA EXTERNA	101
5.1	Introducción	101
5.2	Diseño del cuestionario.....	102
5.3	Selección de encuestados	106

5.4	Gestión de registros	108
5.5	Valoración de resultados	117
5.6	Consideraciones finales	120
6	PROPUESTA METODOLÓGICA	122
6.1	Introducción	122
6.2	Diseño de la metodología de evaluación	123
6.3	Análisis general.....	124
6.4	Análisis de coherencia interna	126
6.5	Análisis de compatibilidad externa.....	134
6.6	Recapitulación	135
7	APLICACIÓN A COMPARADORES MECÁNICOS	138
7.1	Introducción	138
7.2	Análisis general.....	138
7.2.1	Denominación	138
7.2.2	Estructura de contenidos	139
7.2.3	Relación temporal	143
7.3	Análisis de coherencia interna	145
7.4	Análisis de compatibilidad externa.....	153
7.4.1	Evaluación de criterios comunes	153
7.4.2	Evaluación de criterios específicos. Normas	155
7.4.3	Evaluación de criterios específicos. Procedimientos de calibración	156
7.4.4	Evaluación de criterios específicos. Manuales de uso.....	157
7.5	Recapitulación	158
8	ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS.....	160
8.1	Introducción	160
8.2	Definición de los parámetros de comparación	160
8.3	Comparación de resultados	162
8.4	Determinación del valor de comparación en el método de los criterios.....	164
8.5	Similitudes y diferencias entre ambos estudios	165
9	CONCLUSIONES	169
9.1	Planteamiento general	169
9.2	Conclusiones generales.....	170
9.3	Conclusiones particulares.....	172
9.4	Líneas de desarrollo futuro	176
10	REFERENCIAS	179
	ANEXOS.....	187
	Anexo A: Portadas e índices de documentos analizados	
	Anexo B: Cuestionario de evaluación de documentación metrológica	
	Anexo C: Resultados de los cuestionarios de evaluación	

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

En la actualidad, la metrología industrial se encuentra a un nivel de desarrollo tal que, en cualquier proceso de fabricación, se hace imprescindible la utilización de dispositivos de medición, de forma que se garantice la exactitud dimensional de los productos obtenidos. La causa de este desarrollo procede en parte de la necesidad de asegurar la uniformidad de los productos, garantizando la intercambiabilidad de los mismos. Asimismo, queda patente la propia capacidad de esta disciplina para dar respuestas a las constantes nuevas exigencias que se van generando en el propio desarrollo tecnológico, con requisitos de precisión cada vez mayores.

De igual forma, con la apertura comercial a nivel mundial, la Metrología adquiere mayor importancia frente a la creciente interdependencia existente entre los distintos países, cada vez más involucrados en la firma de convenios y tratados bilaterales. Estos acuerdos afectan a muy distintos sectores económicos (industria, comercio, salud, defensa, medio ambiente, entre otros), obligando a las empresas a trabajar con estructuras de funcionamiento de tipo internacional en cuanto a la producción, suministro de materiales, comercialización, etc.

Si a todo ello se suma el hecho de que los propios consumidores se rigen cada vez más por patrones globales de consumo, resulta imprescindible establecer una infraestructura técnica que actúe como elemento central de cara a la coordinación y organización a nivel global. En este sentido, uno de sus principales objetivos debe ser la unificación y homogeneización de los distintos requisitos y directrices, a fin de garantizar la propia uniformidad de los resultados obtenidos para, de esta forma, favorecer la comparación de los mismos. Ejemplos de ello es la adopción y reconocimiento de un sistema internacional de unidades de medida o, en un contexto más específico, los documentos que se han ido generando relativos al cálculo de incertidumbre.

Por otro lado, cualquier práctica metrológica puede implicar la intervención de uno o varios instrumentos, debiendo garantizarse la bondad y fiabilidad del instrumento empleado con el objeto de asegurar el resultado de dicha intervención. Esta garantía de uso queda soportada en la idoneidad de dicho equipo y en la adecuada utilización del mismo, requisitos que están estrechamente condicionados a la información

existente, debiendo ésta abarcar contenidos que desarrollen cualquier actividad o aspecto relacionado con el equipo considerado, ya sea a nivel descriptivo, funcional u operativo.

Los distintos documentos deben estar debidamente estructurados en sus contenidos y la información que aportan debe ser suficientemente clara, completa y actualizada, resultando además imprescindible su compatibilidad con el resto de documentos homólogos, de forma que se asegure la unificación y normalización de los distintos criterios de trabajo. En especial, estos requisitos deben ser satisfechos por aquellos recursos documentales que proceden de Entidades u Organismos con reconocido prestigio en la materia, identificadas como referencias de información y con un amplio ámbito de aplicación. Si se cumplen estas condiciones, un usuario potencial va a poder disponer de una información completa, clara, coherente, única y actualizada, que cubre el conjunto de los aspectos que caracterizan a un determinado instrumento.

Sin embargo, en la práctica habitual esta situación no suele producirse ya que es muy común encontrar información insuficiente o que, aun siendo abundante, puede resultar un tanto incoherente, contradictoria o simplemente ~~está desfasada respecto al estado actual de utilización del equipo en cuestión~~. Por otra parte, estas deficiencias ocurren no sólo cuando el documento en cuestión se emplea a nivel individual, sino en su relación con el resto de documentos homólogos, dado que en muchas ocasiones las directrices de elaboración son muy diferentes, e incluso contradictorias. Esta situación afecta muy negativamente a cualquier intervención metrológica, ya que, al no trabajar con criterios unificados, no es posible la realización de evaluaciones comparativas de resultados, las cuales son necesarias para asegurar la fiabilidad de los mismos.

Eliminado: está

Esta situación queda especialmente patente en el caso de los instrumentos básicos más ampliamente utilizados en las distintas actividades metrológicas, entre los que se pueden destacar los pies de rey, micrómetros y comparadores. De estos equipos, que resultan relativamente sencillos en su uso y mantenimiento, se dispone habitualmente de amplia documentación, si bien es cierto que en muchos casos ésta adolece de algunos de los inconvenientes considerados anteriormente, como:

- existencia de dos documentos, publicados por un mismo Organismo, desarrollados con distintos enfoques
- existencia de documentos que regulan una misma actividad, publicados por diferentes Organismos, desarrollados desde directrices diferentes y a veces contrapuestas
- existencia de estructuras documentales completamente distintas

De esta forma, es usual encontrarse con el inconveniente de que, al pretender desarrollar el cuerpo técnico documental relativo a un determinado equipo, y aún existiendo amplia información sobre las actividades que se pretende documentar, dicha información no es lo suficientemente completa y robusta como para poder ser utilizada por sí misma, de forma directa.

Por tanto, esta necesidad de disponer de documentos que proporcionen información básica unificada, clara, completa y actual, ocasiona la necesidad de elaborar, en cada situación concreta, el conjunto de documentos requeridos en su ámbito metroológico específico, tomando como referencia la documentación externa disponible. Esto supone la realización de actividades de revisión, comprobación, contrastación, modificación, exclusión e incorporación de los diversos contenidos existentes. Este trabajo adicional, que conlleva un apreciable coste tanto de tiempo, como de esfuerzo y dinero, se podría reducir ostensiblemente si se hubiera dispuesto de un soporte documental unificado, coherente y sistematizado.

Además, esta situación se hace especialmente delicada cuando la documentación generada es aplicada a una actividad que va a ser evaluada externamente, tanto en relación al desarrollo de la propia actividad, como de la evaluación de los resultados que derivan de ella (considérese como ejemplo el proceso de acreditación de un laboratorio metroológico). Asimismo, esta evaluación afecta no sólo a un entorno cercano, sino que alcanza un nivel mucho más global, por lo que resulta fundamental disponer de fuentes documentales suficientemente robustas y unificadas que permitan desarrollar de la forma más completa, rigurosa y unificada dicha actividad.

1.2 Objetivos

De acuerdo a las consideraciones anteriores, queda patente la necesidad de abordar el proceso de estudio y selección de documentos, **considerando que su alcance puede ser tan amplio** como para abarcar **el conjunto completo de las aplicaciones tecnológicas de la metrología**.

Por tanto, el **objetivo principal** de esta Tesis es desarrollar una metodología que permita realizar, de forma eficiente, el análisis y evaluación de documentación metroológica. Dicha metodología debe garantizar unos niveles adecuados de rigor y eficiencia, permitiendo su aplicación generalizada a cualquier equipo metroológico.

Dado que existe una gran variedad de documentos metroológicos, será preciso agruparlos en un número reducido de tipologías, establecidas en base a las actividades metroológicas que afecten.

Asimismo, es objetivo secundario de esta Tesis llevar a cabo una aplicación práctica de la metodología desarrollada. El comparador mecánico va a ser el instrumento elegido para este proceso. La elección esta basada en el hecho de que es un equipo básico y sencillo, lo cual permite una amplia utilización sin requerimientos especiales y en una gran variedad de actividades.

Los recursos documentales sobre este instrumento son abundantes y variados, ya que cada estado posee un conjunto de organismos y entidades con competencias y

actividades metrológicas, que constituyen fuentes documentales de referencias en este campo. Por ello, es necesario acotar esta aplicación sobre el comparador mecánico al ámbito español.

La principal ventaja que puede suponer el diseño y desarrollo de una metodología de este tipo, radica en el hecho de que permitiría poner a disposición de cualquier usuario una herramienta de evaluación suficientemente detallada y objetiva, y que además podría ser aplicable a cualquier tipo de instrumento, desde los equipos básicos a los más complejos. Con la aplicación de esta herramienta metodológica se conseguiría una elevada unificación en cuanto a criterios de valoración, conllevando una mejora ostensible del proceso de selección y utilización de documentos metrológicos. Además, podría aplicarse en distintas vertientes, ya sea sobre documentos relativos a distintos equipos, o sobre distintos documentos que aplican a una misma actividad metrológica.

Por otra parte, los resultados a obtener en la aplicación de esta metodología pondrían identificar el grado de cumplimiento de los contenidos evaluados con los requisitos establecidos en base a las expectativas de uso. Este conocimiento posibilitaría la mejora en el uso de la documentación principal relativa a una actividad concreta de un determinado equipo y proporcionarían las bases para establecer propuestas en la generación de nuevos cuerpos documentales.

1.3 Estructura de la Tesis

La tesis se estructura en un conjunto de diez capítulos, a lo largo de los cuales van a ser abordados los distintos contenidos.

En el primer capítulo se identifican las causas que justifican la aplicación de una metodología de análisis de contenidos y se establecen los objetivos que se pretenden alcanzar con la presente Tesis Doctoral, describiendo finalmente la estructura en la que va a ser desarrollada.

El segundo capítulo está centrado en el conocimiento del instrumento que ha sido elegido como ejemplo de aplicación. El comparador mecánico es un equipo básico y sencillo, ampliamente conocido y con un nivel de uso muy extendido. Por ello, es muy abundante y diverso el espectro de información que existe sobre este instrumento. Sin embargo, dado que es necesario realizar una acotación en el conjunto de información disponible, se ha decidido realizar una delimitación al ámbito español.

El tercer capítulo realiza un breve recorrido descriptivo por los organismos y entidades españoles que son los emisores de las principales fuentes documentales relativas al citado campo de estudio.

En el cuarto capítulo se describen algunos de los antecedentes que han motivado el desarrollo de la metodología de análisis, justificando de esta forma la necesidad de disponer de una adecuada y completa información que permita optimizar cualquier proceso de compilación de contenidos. Asimismo recoge el desarrollo inicial que se va a realizar sobre unos determinados contenidos, aplicados a un instrumento concreto. El punto de partida se centra en la identificación y selección de los documentos que van a ser objeto de estudio. La tipología de los documentos a analizar se establece en base a las actividades principales que afectan a cualquier instrumento: el propio uso del equipo, la calibración del mismo y el cumplimiento con las especificaciones que le son de aplicación.

Evidentemente, los documentos objeto de este proceso deben ser los relativos a los comparadores mecánicos, que es el instrumento seleccionado para la aplicación práctica. Con esta evaluación inicial se pretende disponer de un ejemplo que ponga de manifiesto los rasgos característicos que definen cada una de las tipologías documentales.

El análisis se desarrolla siguiendo una estructura similar para los distintos documentos. Esto facilita de forma sustancial el proceso ya que permite una cierta unificación de los parámetros de evaluación. Además, esta estructura constituye un primer esquema de evaluación sobre el que ir definiendo paulatinamente la metodología que se persigue.

En el capítulo 5 se plantea la necesidad de obtener información externa acerca del tipo y grado de utilización de los principales documentos relativos a las actividades consideradas, enfocada principalmente a los emitidos por los Organismos y Entidades españolas que constituyen el referente fundamental en materia metrológica nacional. Para ello, se lleva a cabo un proceso de consulta a expertos metrólogos, en el que intervienen los diferentes ámbitos de trabajo posibles, ya sean empresas, laboratorios o universidades. De igual modo, se tiene en cuenta el conjunto de funciones que pueden llevarse a cabo en estos entornos, desde la investigación hasta las actividades comerciales, pasando por las funciones docentes, de calibración, control de producción, etc. La idea es disponer de una gama lo más completa posible de usuarios de documentación metrológica

El capítulo 6 desarrolla el proceso del diseño y desarrollo de la metodología de evaluación objeto de esta Tesis Doctoral, identificando para ello los distintos niveles de análisis y definiendo en cada uno de ellos los parámetros de evaluación necesarios. De igual manera, se establecen unos indicadores numéricos con objeto de cuantificar cada una de las evaluaciones realizadas, a fin de facilitar y potenciar la gestión de los registros de evaluación.

En el capítulo 7, con objeto de evaluar el grado de eficacia de la metodología desarrollada y en base a ella, se realizará el análisis y evaluación de los contenidos de los documentos aplicables a un instrumento, el comparador mecánico. Los resultados obtenidos servirán para definir el punto de partida de la propuesta de las distintas

líneas de actuación, cuyo objetivo último será proporcionar una información adecuadamente estructurada, sistematizada, completa y actual.

El capítulo 8 desarrolla un análisis comparativo entre los resultados obtenidos por ambos procesos evaluadores. Considerando las diferencias existentes entre ambas situaciones, se identifican los parámetros de cada estudio, estableciéndose equivalencias y llevando a cabo, posteriormente, la valoración comparativa de los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

Como desarrollo final de la presente Tesis, el capítulo 9 recoge las conclusiones que derivan de la misma. En las de carácter general se identifican cada una de las fases que han permitido la consecución de los objetivos planteados al inicio. De igual forma, las conclusiones particulares recogen aquellos aspectos que, sin formar parte inicialmente de las actuaciones necesarias para la consecución de los objetivos principales establecidos, han permitido obtener resultados que suponen un refuerzo para el proceso en su conjunto. Finalmente se incluye en este capítulo una propuesta de las posibles líneas de desarrollo futuro sobre las que desarrollar adicionales actuaciones.

En el último capítulo se incluye la bibliografía utilizada en el desarrollo de la presente Tesis Doctoral.

Adicionalmente se contempla un conjunto de anexos en los que se recogen los registros generados y cualquier otro documento que, aún siendo esencial, no forma parte del cuerpo principal de la Tesis Doctoral.

Capítulo 2

EQUIPAMIENTO METROLÓGICO

2 EQUIPAMIENTO METROLÓGICO

2.1 Introducción

La Metrología (del gr. μέτρον, medida, y –λογία, ciencia) [RAE, 2001] o ciencia de la medida [CEM, 2000, a] estudia las técnicas de medición, con un grado de precisión adecuado, así como todos los aspectos relacionados con las unidades de medida (estudio, conservación, materialización) y los instrumentos de medición. Concretamente, el Vocabulario Internacional de Metrología identifica que “*comprende todos los aspectos, tanto teóricos como prácticos, que se refieren a las mediciones, cualesquiera que sean sus incertidumbres, y en cualesquiera de los campos de la ciencia y de la tecnología en que tengan lugar*” [CEM, 2000, a]. Por otra parte, la última edición del Vocabulario Internacional de Metrología define Metrología como “*la ciencia de las mediciones y sus aplicaciones. La metrología incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualesquiera que sean su incertidumbre de medida y su campo de aplicación*” [CEM, 2008].

Hoy en día, la Metrología es vista como una ciencia estratégica para el desarrollo social y tecnológico de los países. Cualquier país industrialmente evolucionado debe propiciar el desarrollo de la ciencia de las mediciones como condición básica para el éxito de cualquier plan de desarrollo económico y social planteado. La Metrología, por tanto, debe seguir los desarrollos económicos y políticos, los cuales se caracterizan por la liberalización de los mercados, la globalización de las actividades comerciales e industriales y la aparición de innovaciones técnicas cada vez más rápidas.

Las medidas son esenciales en cualquier faceta del desarrollo humano ya que afectan a actividades muy dispares, que van desde el control de la producción, la caracterización de la calidad y efectos en el medio ambiente, la evaluación de la salud y de la seguridad, los ensayos relativos a la calidad de los materiales, alimentos y otros productos, hasta la garantía de un comercio justo y la protección de los consumidores. Las mediciones fiables son un requisito indispensable para el desarrollo de relaciones comerciales leales, el aseguramiento de la calidad y la aceptación de certificados en el ámbito internacional. Asimismo, son de igual importancia de cara a la protección de los ciudadanos y el medio ambiente contra los efectos perjudiciales que puedan producirse.

Se pueden identificar tres categorías básicas en las que se puede desarrollar la Metrología, cada una de ellas con diferentes niveles de complejidad y exactitud [<http://www.cem.es>]:

- *Metrología científica*: rama de la metrología que se ocupa de la organización y el desarrollo de los patrones de medida, así como de su mantenimiento. A través de ella se lleva a cabo el proceso de diseminación desde los patrones primarios hasta otros de menor nivel, utilizados en las calibraciones de los instrumentos de medida. También desarrolla actividades de investigación relativa a los métodos e instrumentos de medida.
- *Metrología legal*: contempla las exigencias legales, técnicas y administrativas, relativas a las unidades de medida, los métodos de medición, los instrumentos de medir y las medidas materializadas. Se ocupa de aquellas mediciones que influyen sobre la transparencia de las transacciones comerciales, la salud y la seguridad de los ciudadanos.
- *Metrología industrial*: se ocupa de asegurar el adecuado funcionamiento de los patrones e instrumentos de medida empleados en la industria y en los procesos de producción y verificación. De esta forma, se garantiza la trazabilidad a las unidades de medida del Sistema Internacional, asegurando la intercambiabilidad de los productos y la adecuada fiabilidad de los resultados de las mediciones que se realizan de cara a la producción y el aseguramiento de la calidad.

Actualmente, la Metrología industrial ha alcanzado un desarrollo tan importante que los equipos son imprescindibles en todos los procesos en que se deba garantizar la precisión dimensional de los productos. Los dos factores que han estimulado este desarrollo son, por una parte, la especialización de cada proceso productivo, que exige la uniformidad de los productos para permitir su intercambiabilidad con los de otros suministradores y, por otra parte, la capacidad que ha demostrado la industria para desarrollar técnicas que den respuesta específicas a cada problema que se plantea.

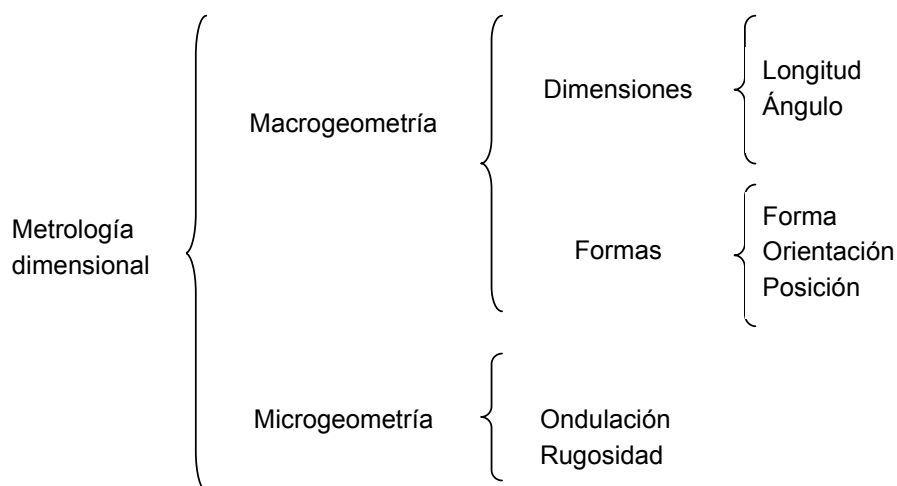
A su vez, la Metrología puede clasificarse atendiendo a cada una de las magnitudes que le son de aplicación (dimensionales, eléctricas, temporales, térmicas, etc.) generando con ello diferentes campos metroológicos (Metrología ponderal, mecánica, eléctrica, dimensional, entre otras). Así, la Metrología Dimensional incluye la medición de todas aquellas propiedades que se determinan mediante la unidad de longitud, una de las siete unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades [UNE 82103:1996].

La metrología dimensional es de gran importancia en la industria, especialmente en la de fabricación, donde las dimensiones y la geometría de los componentes de un producto son características esenciales del mismo, ya que, como se ha comentado

anteriormente, entre otras razones, la producción de los diversos componentes debe ser dimensionalmente homogénea, de forma que éstos puedan ser intercambiables aun cuando fuesen fabricados en distintas máquinas, plantas, empresas o, incluso, países.

Su ámbito es bastante amplio, pudiendo caracterizarse inicialmente por el estudio de la longitud como magnitud lineal fundamental, para generalizarse posteriormente a la cuantificación de las características geométricas de los objetos: dimensiones (longitudes y ángulos), formas y estados superficiales (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Ámbito de la Metrología dimensional



Pero además, la Metrología es parte esencial de una estructura mucho más amplia: la Estructura de la Calidad, partiendo de las mediciones hasta llegar a la certificación de productos y servicios. Esta intervención supone una garantía de que se cumplen tanto las especificaciones declaradas por el fabricante como los requerimientos del consumidor (mercado). Una tercera autoridad independiente tiene a su cargo el proceso de acreditación, que hace confiables las certificaciones y, por ende, la calidad, [Sebastián, 1997].

Por tanto, este camino está sustentado en tres pilares básicos, representados por los correspondientes organismos nacionales:

- *Organismo Nacional de Normalización*, el cual desarrolla las actividades de elaboración y difusión de normas, proporcionando acceso a las normas existentes y ayuda en el uso de normas para cumplir con los requisitos de los clientes nacionales y extranjeros. En España dicho organismo es la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR [<http://www.aenor.es>].

- *Laboratorio Nacional de Metrología*, depositario de los patrones nacionales y responsable de su trazabilidad internacional, transfiere esta trazabilidad a los patrones secundarios e industriales además de eventualmente ofrecer servicios de calibración especializados. En España dicho organismo es el Centro Español de Metrología, CEM [<http://www.cem.es>].
- *Organismo Nacional de Acreditación*, tiene como propósito asegurar la competencia técnica de los denominados evaluadores de la conformidad, tales como laboratorios de ensayo y calibración, entidades de inspección y de certificación, organismos de control, etc. En España dicho organismo es la Entidad Nacional de Acreditación, ENAC [<http://www.enac.es>].

2.2 Instrumentos de medida

Como ya se ha comentado anteriormente, en un sistema industrial de producción y de intercambiabilidad de productos, es fundamental garantizar que las múltiples cotas de una pieza se encuentran dentro de los límites de tolerancia y que las medidas efectuadas son totalmente trazables a los patrones primarios. El metrologo será el encargado de comprobar la exactitud de las piezas de fabricación realizadas de acuerdo con las medidas y tolerancias identificadas en el plano. Para tal fin, dispondrá de diferentes equipos o instrumentos de medición, desde los más básicos, como el pie de rey, hasta los más avanzados, como los sistemas láser de medida.

Para garantizar la realización de una actividad metroológica es imprescindible conocer los diferentes instrumentos de medida disponibles en la sala de control, sus condiciones de utilización y demás características, de forma que este conocimiento permita elegir el equipo más adecuado para dicho control, de acuerdo a los requerimientos establecidos.

Por tanto, el conocimiento de los instrumentos, junto con su adecuada calibración, permiten que el control de calidad de los productos se realice sin errores, evitando las pérdidas económicas ocasionadas por las piezas válidas que se tiran a la chatarra y las incorrectas que entran a formar parte del lote aceptado, provocando el rechazo del cliente.

En un *instrumento de medida*¹, el conjunto de dispositivos situados entre la pieza a medir y el resultado final de la medición, constituye lo que clásicamente se ha denominado *cadena de medición* [Carro, 1978] (actualmente este término ha sido

¹ 3.1 (4.1) **instrumento de medida**, m
dispositivo utilizado para realizar mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos suplementarios [CEM, 2008].

sustituido por el de *cadena de medida*²). Si bien la entrada del sistema de medición es generada por el valor “verdadero”, la salida proporciona el medido, que proviene del valor “verdadero” contaminado por las incertidumbres propias del proceso.

Los dispositivos propios de esta cadena de medición son (Figura 2.1), [Mitutoyo, 2008]:

- *Captador*: Toma la señal de entrada y la transforma en una señal que entra al siguiente elemento).
- *Amplificador*: Amplía la señal del captador para dar una señal de salida que pueda ser leída.
- *Receptor*: Permite el acceso al resultado final de la medida (dispositivo indicador o visualizador).
- *Registrador*: Permite conservar los resultados de la medición, ya sea en papel o de forma digital.



Figura 2.1 Ejemplo de cadena de medición

Por su parte, según la clase de medición que realicen, los instrumentos de medida se pueden encuadrar en tres grandes grupos, [Sevilla, 2008]:

A. Instrumentos de medida directa

Con ellos se realizan directamente las mediciones, comparando la dimensión a medir con la unidad de medida (metro, grado, etc.) o sus submúltiplos. A esta clase de aparatos pertenecen la regla graduada, el pie de rey, el goniómetro, etc.

² 3.10 (4.) **cadena de medida**, f

serie de elementos de un sistema de medida que constituye la trayectoria de la señal, desde el sensor hasta el elemento de salida [CEM, 2008].

B. Instrumentos comparadores

Con estos instrumentos no se realizan propiamente mediciones, sino comparaciones o determinación de las desviaciones de las dimensiones respecto a otras que se toman como referencia o patrón. Es el caso de los comparadores mecánicos y electrónicos.

C. Instrumentos de verificación

Al igual que los del anterior apartado, tampoco son medidores en sentido estricto, sino verificadores y se emplean para comprobar si las dimensiones están entre los límites señalados por los equipos. Ejemplo de estos instrumentos son los denominados calibres pasa-no pasa.

En cuanto al método de medida que utiliza un determinado instrumento para obtener el valor del mensurando, existen diversas clasificaciones al respecto, debido a la dificultad que supone realizar una clasificación exhaustiva de todos los sistemas de medida existentes. Una de las más generalizadas que podemos encontrar se muestra en la siguiente tabla (Tabla 2.2)

Tabla 2.2 Clasificación de los métodos de medida

Por las magnitudes que se comparan	Métodos directos
	Métodos indirectos
	Métodos absolutos
	Métodos incrementales
Por el propio método de medida	Métodos de desviación
	Métodos de oposición
	Métodos de sustitución
	Métodos de recuento
Por el sistema de amplificación	Métodos mecánicos
	Métodos neumáticos
	Métodos ópticos
	Métodos electrónicos

Combinando las dos clasificaciones anteriores, podríamos establecer una posible clasificación (Tabla 2.3), identificando en ella los distintos métodos de medida así como los instrumentos más usuales empleados con cada uno de ellos [González, 1995].

Tabla 2.3 Clasificación de instrumentos de medida

Lineal	Medida directa	Con divisiones	Metro Regla graduada Calibres vernier
		Con tornillo micrométrico	Micrómetros Cabezas micrométricas
		Con dimensión fija	Bloques patrón Calibres de espesor Calibres pasa-no pasa
	Medida indirecta	Comparativa	Comparadores mecánicos Comparadores ópticos Comparadores neumáticos Comparadores electromecánicos
		Trigonométrica	Esferas o cilindros Máquinas de medición por coordenadas
		Relativa	Niveles Reglas ópticas Rugosímetros
Angular	Medida directa	Con divisiones o trazos	Transportador simple Goniómetro Escuadra de combinación
		Con dimensión fija	Escuadras Patrones angulares Calibres cónicos
	Medida indirecta	Trigonométrica	Falsas escuadras Reglas de senos Mesa de senos Máquina de medición por coordenadas

Como puede verse en la tabla anterior, la mayor parte de los instrumentos clásicos de metrología dimensional utilizan el método directo, es decir, sus medidas materializan la magnitud a medir; así las reglas, pies de rey, etc., lo hacen mediante la longitud existente entre sus trazos; los micrómetros, por la longitud de su paso y las fracciones de vuelta indicadas en las divisiones del tambor. Sin embargo, existen muchos casos en los que, para realizar el control de una pieza fabricada, es más interesante conocer las diferencias de sus medidas con respecto a la pieza prototipo (o patrón) que los valores absolutos de la misma. De esta forma se consigue un control rápido de cotas, lo que resulta particularmente interesante en el caso de grandes series [Sevilla, 2008].

Surge así el concepto de medida por comparación, a través de la cual se miden las diferencias existentes entre la magnitud correspondiente a la pieza tipo y a la de la pieza sujeta a control; por ello, muchas veces no será necesario poseer la pieza tipo

sino materializar la magnitud que interese con cualquiera de los procedimientos ya existentes (por ejemplo con bloques patrón).

En este tipo de medición indirecta se recurre, para determinar la medida de una longitud, a la comparación de ésta con la longitud de un patrón de dimensión conocida próxima a la que se trata de medir. Se determina entonces la diferencia entre la longitud del patrón y la longitud desconocida de la pieza, determinando al mismo tiempo si esta diferencia es por exceso o por defecto (Figura 2.2). La longitud que se mide será entonces igual a la longitud del patrón más (o menos) la diferencia medida.

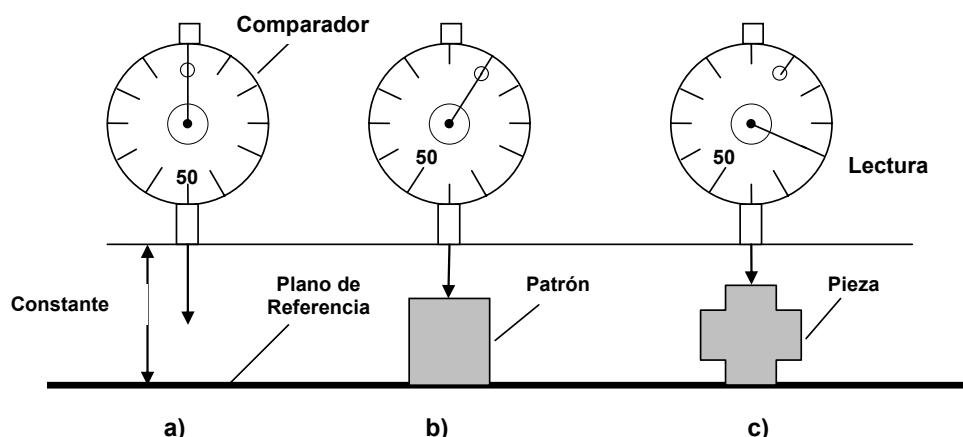


Figura 2.2 Fundamento de la medición por comparación

En ocasiones la elección de una medición indirecta por comparación se debe a que con ella se puede mejorar la precisión del resultado frente a la obtenible mediante la utilización de equipos de medida directa de similar coste, o mantener el nivel de precisión obtenido con equipos de medida directa mucho más costosos [Sevilla, 2001].

2.3 Comparadores mecánicos

Los instrumentos utilizados para la medición por comparación se denominan *comparadores* [Carro, 1978]. Éstos, bajo diversas formas, son ampliamente utilizados en los talleres y en las salas de metrología, dada la robustez y simplicidad de empleo de la mayor parte de ellos. Su intervalo de indicaciones³ es muy limitado, variando desde 10 mm (en casos especiales pueden ser mayores) a centésimas de mm, según los tipos, y su división de escala puede llegar a 0,01 μm , dependiendo del sistema de

³ 4.3

intervalo de indicaciones

conjunto de valores comprendido entre las dos indicaciones extremas [CEM, 2008]

amplificación utilizado, por lo cual el método también es llamado de medición por amplificación (Tabla 2.4).

Tabla 2.4 Campo de medida y resolución de los comparadores más habituales

Instrumentos	Intervalo de indicaciones (mm)		División de escala (mm)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Comparador mecánico de eje (recto)	0.1	100	0.000 5	0.01
Comparador mecánico de palanca	0.2	2	0.002	0.01
Comparador electrónico inductivo	0.003	10	0.001	0.2
Comparador electrónico de regla incremental	0.001	100	0.000 1	0.001
Comparador de captador óptico	0.000 01	0.000 01	0.000 01	0.000 1
Comparador de captador electromagnético	0.000 005	4	0.000 005	0.000 8
Comparador de captador capacitivo	0.000 01	0.000 01	0.000 01	0.000 01
Comparador de captador neumático	0.001	0.1	0.001	0.001

Los comparadores mecánicos [CEM, 2003, a] (también llamados *de cuadrante* [UNE 82310:1985], *dial gauges* en la terminología inglesa y *comparateurs à cadran* en la francesa) son instrumentos de medida en los que el desplazamiento de un palpador es transmitido y amplificado mediante un sistema mecánico apropiado (engranajes, levas y palancas), a una aguja indicadora que se desplaza delante de una escala circular (indicador analógico), o mediante una pantalla que muestra el resultado (indicador digital). En el primer caso son también denominados de forma clásica como *relojes comparadores*, [SCI, 1984], siendo uno de los aparatos indicadores más antiguos. Suele existir una segunda aguja menor, que cuenta vueltas completas de la aguja mayor, facilitando la lectura total. La realización del sistema amplificador condiciona, a la vez, la precisión y la resistencia al desgaste de estos aparatos [Carro, 1978].

Uno de los más antiguos, el comparador mecánico recto ya era utilizado por los fabricantes de relojes a principios del siglo XIX, si bien su aplicación industrial no se produjo hasta las últimas décadas de dicho siglo. El americano John Logan de Waltham patentó en 1883 un primer modelo que utilizaba un sistema de cadena que transmitía el movimiento del husillo a la manecilla [Hume, 1980]. Posteriormente, el sistema de cadena fue sustituido por un segmento dentado que transmitía el movimiento a un mecanismo de piñón.

En 1890, B. C. Ames fue la primera compañía para la fabricación de estos instrumentos [McNeil, 2002]. Frank Randall compró la patente y junto a Francis Stickney, iniciaron en 1896 la fabricación industrial de este tipo de instrumental de medida [P. Aldabaldetrecu, 2009]. A principios del siglo XX, debido a que en los sistemas de fabricación en serie se hacía necesaria la incorporación de métodos de control rápidos y precisos, otros fabricantes comenzaron a fabricarlos, conscientes de

la demanda de estos instrumentos y su potencial. Ejemplos relevantes son L. S. Starrett (conocido por los micrómetros), la empresa alemana Karl Zeiss (dedicada desde 1846 a la fabricación de instrumentos ópticos y mecánicos de precisión, y presente en España desde 1892), o algunos fabricantes suizos con éxito en su industria de fabricación de relojes [www.zeisshistorica.org].

Dado que una de las características fundamentales que identifican a un comparador es su amplificación, se puede establecer una clasificación de estos instrumentos de acuerdo al tipo que incorporan. Se distinguen por tanto, los siguientes comparadores:

- Comparadores mecánicos
- Comparadores neumáticos
- Comparadores ópticos
- Comparadores electrónicos

En cuanto a sus aplicaciones, los comparadores mecánicos se emplean en muy diversas aplicaciones, tales como:

- comparación de cotas con relación a bloques patrón
- verificación de paralelismo entre dos planos
- verificación de piezas o herramientas sobre las máquinas
- verificación de máquinas-herramienta
- regulación de los desplazamientos de los carros en las máquinas

Los comparadores más utilizados en las verificaciones normales no tienen una precisión demasiado elevada, pero su fácil manejo los hace especialmente indicados en muy diversas aplicaciones. La parte principal está constituida por un reloj, en el que se sitúan todas las palancas o engranajes necesarios, así como la cabeza de contacto o palpador. La punta del palpador debe ser fácilmente desmontable e intercambiable. Su superficie de medida está constituida por una bola resistente al desgaste, con un radio que, por razones técnicas de medida, se escoge lo mayor posible. El radio mínimo debe ser 1,5 mm y la rugosidad de la bola $Rz \leq 0,63 \mu\text{m}$. La superficie de medida debe tener una dureza mínima de 760 HV (62 HRC) [UNE 82310, 1985]. La fijación de la punta del palpador debe ser tal que quede asegurada la repetibilidad de las lecturas.

Predominan los modelos de engranajes (Figura 2.3 a), también denominados rectos, sobre los de palanca (Figura 2.3 b), por ser más robustos, sin embargo los segundos tienen la ventaja de poder medir en lugares de difícil acceso, por su forma constructiva [<http://www.tecnimetsa.es>]. Los comparadores más normales suelen construirse con esferas entre 25 y 60 mm de diámetro, división de escala de 0,01 mm e intervalo de indicaciones entre 3 y 10 mm; pueden también encontrarse comparadores con divisiones de 0,001 y 0,002 mm, y, en cuanto al intervalo de indicaciones, se fabrican de hasta 100 mm, aunque con recorridos tan grandes las incertidumbres son mucho mayores.



Figura 2.3 Distintos modelos de comparadores mecánicos

El cuerpo del comparador debe mantenerse a una distancia fija de un plano o sistema de referencia; para ello se emplean distintos tipos de soportes de fijación, adaptados a los diversos casos de empleo. El comparador se sujeta a los soportes en distintas formas: por medio de una oreja situada en la parte trasera del cuerpo, por el vástago de sujeción del palpador o con distintas disposiciones de las tapas posteriores del comparador.

En los comparadores mecánicos, como en cualquier instrumento de metrología, es necesario asegurar una fuerza de medida constante en todo el campo, para lo cual se han diseñado diferentes sistemas. En cualquier caso, la fuerza de medida no debe ser superior a 1,5 N, con el palpador vertical y dirigido hacia abajo [Sevilla, 2008].

Cuando se hacen necesarias precisiones muy elevadas, en estos instrumentos no se pueden emplear propiamente engranajes, ya que no se podría dar precisión suficiente en el tallado de los dientes, sustituyéndose éstos, en algunos aparatos, por un sistema de *rodillos rozantes*; al rodillo central se le da un diámetro d múltiplo de $1/\pi$: consiguiéndose así una relación sencilla entre el desplazamiento del palpador y el número de vueltas giradas por el rodillo. La amplificación mecánica conseguida es mucho más lineal y repetitiva que la que podría obtenerse de un sistema de engranajes.

Otros comparadores empleados son los comparadores mecánicos de deformación elástica. Son comparadores de muy alta sensibilidad, cuyo modelo más conocido es el Microkator [<http://www.cej.se>] (Figura 2.4), basado en la elasticidad de una banda de

aleación especial de latón, retorcida sobre si misma y que soporta un índice. Para aumentar su sensibilidad, se ha disminuido al mínimo el peso de la aguja y el de la banda elástica, cuyo espesor es muy pequeño (del orden de 0,004 mm) y de un ancho de 0,06 a 0,12 mm. Este instrumento posee una gran repetibilidad, para altas ampliaciones, pues su cinta de torsión está libre de rozamientos en el husillo por la membrana de sujeción, no sufriendo desgaste con el uso al no llevar elementos mecánicos tipo engranajes o palancas, es independiente de fuentes externas de alimentación, insensible a campos magnéticos y muy robusto. Los intervalos de indicaciones son variados, desde 400 a 2 μm y la división de escala de 5 a 0,02 μm , respectivamente. Es el comparador adecuado para las medidas muy precisas de pequeñas diferencias, pero su gran sensibilidad exige precauciones especiales de manejo.



Figura 2.4 Mikrokator

Además de su aplicación en la medición de dimensiones exteriores, existe una gama bastante amplia de comparadores mecánicos para medir diámetros interiores. Uno de ellos es el alesómetro de dos contactos [CEM, 2002] (Figura 2.5 a). Está formado por un soporte cilíndrico, un dispositivo de amplificación y lectura, en su parte superior, y una cabeza de medición con palpador y topes de centrado, en su parte inferior. La cabeza de medición, además de los topes de centrado, lleva un palpador móvil y otro fijo, diametralmente opuestos.

En la Figura 2.5. b se puede ver el mecanismo de transmisión del movimiento horizontal del palpador en vertical hacia el comparador. El palpador fijo es recambiable, para disponer de distintos campos de medida. El instrumento trabaja como comparador respecto a anillos patrón de diámetro interior, con posibilidad de puesta a cero. Normalmente, la cabeza de lectura es milesimal, con un campo de medida de 2 mm, y el juego de alargadores le permite medir diámetros entre 50 mm y

300 mm. Este es un instrumento que requiere bastante experiencia por parte del operador para asegurar la localización de las puntas palpadoras según un diámetro.

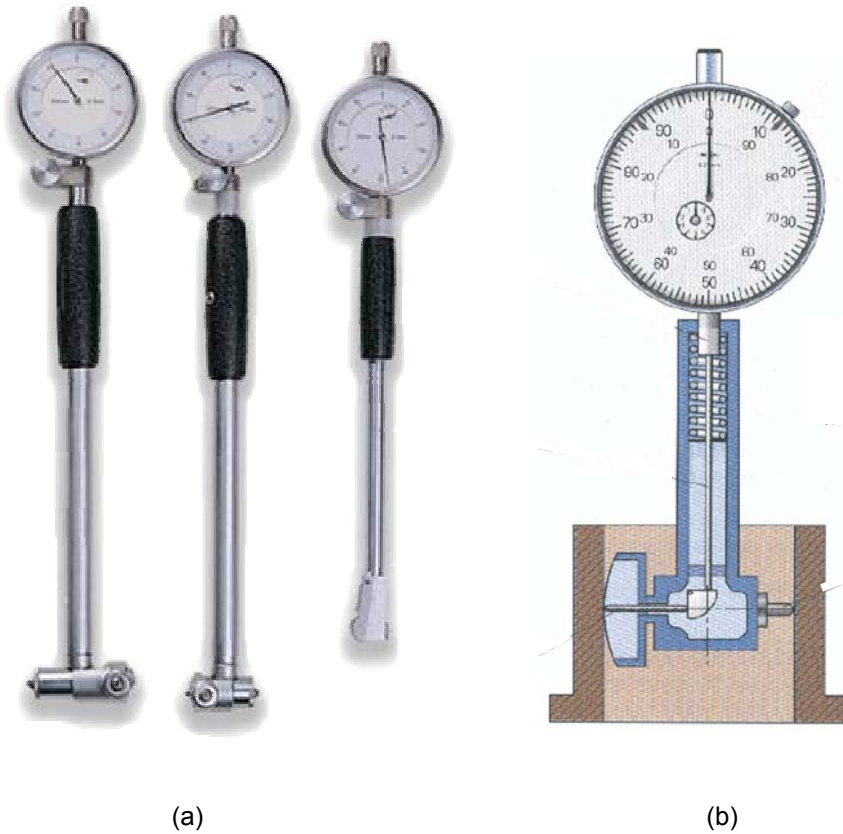


Figura 2.5 a) Alesómetros. b) Mecanismo de transmisión horizontal-vertical

Por otro lado, la calibración de estos equipos se lleva a cabo según dos procedimientos principales: mediante bloques patrón longitudinales o utilizando un banco calibrador de comparadores [CEM, 2003, a] [SCI, 1985, a].

En ambos casos, las operaciones principales que se llevan a cabo en dicho proceso son:

- Determinación de las desviaciones de la escala para desplazamientos ascendentes
- Determinación de las desviaciones de la escala para desplazamientos descendentes
- Determinación de la repetibilidad

Los dos procedimientos son muy similares, consistiendo en la comparación de las indicaciones del comparador frente a la de los patrones, distinguiéndose únicamente en los elementos de referencia utilizados (bloques patrón o banco calibrador), y en algunos detalles prácticos.

Sin embargo, aunque son comunes las líneas generales que los principales documentos de referencia utilizan, se observan diferencias significativas entre ambos, lo cual va a influir en el propio desarrollo del proceso de calibración.

En el primer caso [SCI, 1993], el procedimiento desarrolla lo que llama textualmente *método de comprobación de características metrológicas, con posterior asignación de una calidad y de una incertidumbre*.

En la calibración con banco de calibración, se definen los siguientes parámetros:

- Diferencial parcial de calibración creciente, D_{1c}

Diferencia entre las desviaciones máximas y mínimas de calibración creciente

$$D_{1c}: \Delta X_{CC \text{ máx}} - \Delta X_{CC \text{ mín}}$$

- Diferencial parcial de calibración decreciente, D_{1d}

Diferencia entre las desviaciones máximas y mínimas de calibración decreciente

$$D_{1d}: \Delta X_{CD \text{ máx}} - \Delta X_{CD \text{ mín}}$$

- Diferencial parcial de calibración decreciente, D_1

La mayor de las dos diferencias anteriores

$$\begin{aligned} D_{1c} > D_{1d} &\rightarrow D_1 = D_{1c} \\ D_{1c} < D_{1d} &\rightarrow D_1 = D_{1d} \\ D_{1c} = D_{1d} &\rightarrow D_{1c} = D_{1d} \end{aligned}$$

- Diferencial total de calibración, D_2

Diferencia entre las desviaciones máximas y mínimas de calibración

$$D_2: \Delta X_C \text{ máx} - \Delta X_C \text{ mín}$$

- Diferencial de inversión, D_3

$$D_3: [|\Delta X_{CC i} - \Delta X_{CD i}|]_{\text{máx}}$$

- Repetibilidad total, R

$$R = R_j \text{ máx}$$

Una vez obtenidos los parámetros anteriores, se comprueban si se encuentran dentro de las tolerancias específicas de la Tabla 2.5, asignándose su calidad (donde Tx es la tolerancia del parámetro x)

Tabla 2.5 Tolerancias específicas

División de escala E (mm)	Campo de medida C (mm)	CALIDAD	TD1 (μm)	TD2 (μm)	TD3 (μm)	TR(μm)
< 0,001 (≥ 0,0001)	-----	1	0,5	0,5	0,2	0,2
		2	1	1	0,4	0,4
0,001 recto	≤ 1	1	2	2	1	1
		2	3	3	1	1
	1,002 - 2	1	3	3	1	1
		2	5	5	2	2
	> 2	1	10	10	2	2
		2	20	20	4	4
0,001 palanca	≤ 1	1	3	3	2	2
		2	5	5	2	2
	1,002 - 2	1	5	5	3	3
		2	10	10	4	4
	> 2	1	10	10	3	3
		2	20	20	5	5
0,002 recto	-----	1	4	4	2	2
		2	6	6	4	4
0,002 palanca	-----	1	6	6	4	4
		2	10	10	6	6
0,005 recto	-----	1	5	5	5	5
		2	10	10	5	5
0,005 palanca	-----	1	10	10	10	10
		2	15	15	10	10
≥ 0,01 recto	< 5	1	10	10	10	10
		2	30	30	20	20
	> 5	1	20	20	20	20
		2	50	50	30	30
≥ 0,01 palanca	-----	1	20	20	10	10
		2	50	50	30	30

Una vez superada esta verificación, se asignará la incertidumbre del comparador, para un factor de cobertura k=3, según la siguiente expresión:

$$I = \sqrt{I_0^2 + D_2^2 + R^2}$$

Donde: D₂ = Diferencia total de calibración
R = Repetibilidad total de calibración
I_c = Incertidumbre del banco de calibración, para k = 3

Asimismo, en la calibración con los bloques patrón longitudinales, el proceso es el siguiente: se sitúan 11 bloques, para disponer de 10 puntos de calibración respecto al primero, formando una *escala de bloques*. Con el comparador sobre un soporte, se mide 10 veces ($n_c=10$) el salto entre el bloque de origen y el bloque correspondiente al punto de calibración. Esta operación se realiza dos veces, una en cada sentido. Los parámetros a determinar son los siguientes.

$\overline{\Delta X}_{CCi}$ = Corrección de calibración en el punto i, para las 10 medidas efectuadas en sentido creciente.

$\overline{\Delta X}_{CDi}$ = Corrección de calibración en el punto i, para las 10 medidas efectuadas en sentido decreciente.

S_{CCi} = Desviación típica de calibración en el punto i, para las medidas efectuadas en sentido creciente.

S_{CDi} = Desviación típica de calibración en el punto i, para las medidas efectuadas en sentido decreciente.

La incertidumbre del comparador, para un factor k, para todo su campo de medida y en cualquiera de los sentidos de palpado, es:

$$I^2 = \text{MÁX}[I_{0i}^2 + 1,1k^2 S_{ci}^2 + \frac{k^2}{9} \overline{\Delta X}_{ci}^2]$$

Donde: I_{0i} = Incertidumbre, para factor k, del salto del patrón

S_{ci} = Valores de S_{CCi} y S_{CDi} , indistintamente

$\overline{\Delta X}_{ci}$ = Valores de $\overline{\Delta X}_{CCi}$ y $\overline{\Delta X}_{CDi}$, indistintamente

En cuanto al segundo documento [CEM, 2003, a], las principales componentes de incertidumbre que son consideradas en la calibración de estos equipos son las siguientes:

- Incertidumbre de referencia (bloques patrón, banco o medidora)
- Alineamiento del comparador frente a la referencia (puede despreciarse cuando se utiliza como referencia el banco de calibración)
- Efectos térmicos (dilatación diferencial del comparador respecto a la referencia)
- División de escala del comparador
- Repetibilidad durante el proceso de calibración

Despreciándose o considerándose incluidas en el término de repetibilidad las siguientes contribuciones:

- Defecto de planitud de las superficies de referencia
- Inestabilidad térmica o mecánica del soporte del comparador

- Defectos de planitud de los bloques patrón, o palpadores del banco o medidora
- Variaciones en la presión de contacto de la punta del palpador

El balance de incertidumbre que se establece, identificando la determinación de cada una de las componentes consideradas anteriormente se recoge en la Tabla 2.6 :

Tabla 2.6 Balance de incertidumbre

Magnitud de influencia	Incertidumbre típica	Función de distribución	Coefficiente de sensibilidad	Contribución a la incertidumbre	Grados de libertad	
Referencia	r_i	$u(r_i)$	normal	1	$u(r_i)$	$v(r_i)$
Repetibilidad		$\sqrt{\frac{s^{(1)2} + s^{(2)2}}{2}}$	normal	$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{N}}$	$\sqrt{\frac{s^{(1)2} + s^{(2)2}}{N}}$	v_R
División de escala	E	$\frac{1}{\sqrt{3}} \frac{E}{2}$	uniforme	1	$u(c_E) = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{E}{2}$	∞
Alineamiento	θ	$\frac{1 - \cos \theta_{\max}}{\sqrt{3}} \cdot x_i$	deriva de una uniforme	1	$u(c_A) = \frac{1 - \cos \theta_{\max}}{\sqrt{3}} \cdot x_i$	∞
Dilatación diferencial	T	$\frac{2\Delta T_{\max}}{\sqrt{6}}$	triangular	$\alpha \cdot x_i$	$u(c_T) = \alpha \cdot \frac{2\Delta T_{\max}}{\sqrt{6}} \cdot x_i$	∞
Incertidumbre combinada $u(c_i)$				$u(c_i) = \sqrt{\sum u_k^2}$		
Grados de libertad $v(c_i)$				$v[u(c_i)] = u^4(c_i) / \sum \left(\frac{u_k^4}{v_k} \right)$		
Incertidumbre expandida $U(c_i)$				$U(c_i) = k \cdot u(c_i)$		

De acuerdo con dicho balance, la incertidumbre combinada $u(c_i)$ de la corrección de calibración c_i , correspondiente al punto de calibración i , se calcula según la siguiente expresión:

$$u(c_i) = \sqrt{u^2(r_i) + x_i^2 \cdot \left[\frac{(1 - \cos \theta_{\max})^2}{3} + \frac{(2\Delta T_{\max} \cdot \alpha)^2}{6} \right] + \frac{E^2}{12} + \frac{2}{N} \cdot s_R^2}$$

Los grados de libertad de la estimación anterior se determinarán mediante la expresión:

$$v(c_i) = \frac{u^4(c_i)}{\sum (u_k^4 / v_k)}$$

En general, se darán las condiciones descritas en el apartado 5.2 de la Guía EA-4/02 para la aplicación práctica del Teorema Central del Límite [EA, 1999]:

- Tres o más componentes de la incertidumbre poseen funciones de distribución razonables (normales, uniformes, triangulares, etc...).
- Dichas componentes contribuyen de forma mayoritaria en la incertidumbre combinada.
- Las componentes poseen contribuciones similares, razón por la cual podrá aceptarse que c_i posee una función de distribución normal.

En cuanto a fabricantes, se incluye a continuación (Tabla 2.7) una relación de los más conocidos y tradicionales, sin olvidar que actualmente existe un elevado número de fabricantes asiáticos que operan fundamentalmente a través de Internet, los cuales ofrecen equipos de media-baja calidad a precios muy competitivos.

Tabla 2.7 Relación de principales fabricantes de comparadores

BROWN & SHARPE	HOMMELWERKE	MOORE
CARL ZEISS	INTERRAPID	MPJ
CARL-MAHR	KANON	NOVOMATIC
CARY	KORD	PRAEZIMAX
CEJ	LEITZ	PRAT & WHITNEY
COMPAC	LK TOLL	PRECICONTROL
ETALON	LMB	SIP
ETAMIC	MAUSER	STARRETT
FEINPRÜF	MERCER GAUGING	SYLVAC
FRENCO	METUCE-KING	TESA
GERHARDT	MITUTOYO	TRIMOS
HITEFINDER	MODULAR	

Estando representados en España, entre otros, por los siguientes distribuidores (Tabla 2.8):

Tabla 2.8 Suministradores de comparadores en España

BEORTEK, S.A.	FERRETERIA UNCETA, S.A.	OMRON ELECTRONICS, S.A.
BITMAKERS, S.L.	ICD SERVICIO, S.A.	PASCUAL CUBELES, S.A.
BTB-ENGINYERIA	INTERNACIONAL DE SISTEMES TECNICS, S.L. (INDEST)	REGO Y CIA., S.A.
ELECTRONICA INDUSTRIAL	IPEME MEDICION Y CONTROL, S.L.	SEPROVE-IRU, S.L.
CM4 ENGINYERIA, S.A.	ISOCONTROL, S.L.	STARCO CONTROL, S.C.P.
CONRAD PRIVAT	KANSERT, S.L.	SUMINISTROS ARSAM, S.A.

DISHECO, S.A.	MAQUINAS Y ACCESORIOS SITGES, S.L.	TAYLOR HOBSON S.L.
DOIKI, S.COOP.	MARPOSS, S.A.	TECMICRO, S.A.
ELORBI, S.A.	METROLOGIA SARIKI, S.A.	TECNICAS DE MEDIDA Y METALOGRAFIA, S.A.
EQUIPOS DE CONTROL, S.A.L.	METRONIC, S.A.	(TECNIMETAL) UNIMETRIK, S.A.
EZQUERRA MICRA, S.L.U.		

Por último, indicar que el precio de los comparadores mecánicos oscila en un amplio rango, ya que éste depende de las características técnicas del equipo considerado, tales como división de escala, rango de indicación, diámetro de la esfera, sistema de amplificación, calidad, equipamiento adicional, etc. El precio medio puede oscilar entre los 50 € y los 350 €, mostrándose en la Tabla 2.9 algunos ejemplos correspondientes a equipos de la marca *Mahr*.

Tabla 2.9 Cuadro de precios

Descripción	Texto breve del comparador	Precio Sin IVA
Relojes de palanca ⁴	800 SG ; D=38,0 mm; 0-40-0-- ± 0,4	81,50 €
Relojes de palanca	800 SGA D=38,0 mm; 0-25-0-- ± 0,25	99,39 €
Relojes de palanca	800 SL . D=27,5 mm; 0-25-0-- ± 0,25	114,71 €
Relojes de palanca	800 SGL D=38,0 mm; 0-25-0-- ± 0,25	131,97 €
Relojes de palanca	800 SGM ; D=38,0 mm; 0-100-0-- ± 0,1	101,75 €
Relojes de palanca	800 SGE; D=38,0 mm; 0-70-0--	139,12 €
Relojes comparadores mecánicos	1002 SUPRAMESS	294,36 €
Relojes comparadores mecánicos	1002 T SUPRAMESS	307,38 €
Relojes comparadores mecánicos	1003 MILLIMESS	160,39 €
Relojes comparadores mecánicos	1003 T MILLIMESS	181,93 €
Relojes comparadores mecánicos	1003 XL MILLIMESS RELOJ COMPARADOR	166,48 €
Relojes comparadores mecánicos	1004 COMPRAMESS	167,81 €
Relojes comparadores mecánicos	1010 ZENTIMESS	117,83 €
Relojes mecánicos	803 B RECOR. LIMITADO 0,4 mm	71,25 €
Relojes mecánicos	810A RELOJ COMPARADOR	40,26 €
Relojes mecánicos	810V RELOJ COMPARADOR	118,39 €
Relojes mecánicos	COMPARADOR 810SW ESTANCO 10 mm	76,03 €

⁴ Se han mantenido las denominaciones que aparecen en los catálogos de los fabricantes

Capítulo 3

CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DOCUMENTALES

3 CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DOCUMENTALES ESPAÑOLAS

3.1 Introducción

La Metrología abarca un campo casi ilimitado de actividades en las que puede intervenir, dentro de las cuales puede diversificarse de acuerdo a la categoría concreta en que se aplique (legal, científica o industrial). Es por ello que las fuentes documentales de esta disciplina responden a una gran variedad de tipologías, tales como libros generales, monografías específicas, manuales, normas, etc.

Asimismo, los emisores de tales fuentes tiene un amplio espectro de origen: organismos oficiales de carácter general, organismos específicos relacionados con la Metrología, industrias, centros de formación, entidades metroológicas, laboratorios y centros tecnológicos, etc.

Por ello, tal y como se ha indicado en el planteamiento de este trabajo de investigación, se ha optado por seleccionar un conjunto de diferentes fuentes documentales españolas, provenientes de tres funciones principales que afectan al ámbito metroológico: la normalización, la calibración y la función operativa. Son los siguientes:

- Centro Español de Metrología (CEM)
- Asociación Española de Normalización (AENOR)
- Sistema de Calibración Industrial (SCI)
- Asociación Española de Calidad (AEC)

En los siguientes apartados se realizará una breve reseña sobre cada uno de ellos.

3.2 Centro Español de Metrología (CEM)

La Ley de Pesas y Medidas decretada por las Cortes y sancionada por Isabel II el 19 de julio de 1849, siendo ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, Juan Bravo Murillo, introducía en todos los dominios de España un sistema de pesas y medidas único y legal, que definía como unidad del sistema al “metro”, establecía sus

divisiones en diez décímetros, cien centímetros y mil milímetros, y aplicaba su nomenclatura científica; este sistema debía ser obligatorio para todos los españoles el primero de enero de 1860 [Sevilla, 2003].

Una vez implantado el sistema métrico decimal, el siguiente paso, ya en el siglo XX, fue implicarse internacionalmente en un sistema de unidades métricas, situación que quedó consolidada con la publicación de la Ley 88/1967 de Pesas y Medidas de 8 de noviembre, que declara “de uso legal en España el denominado Sistema Internacional de Unidades de Medida, SI”, y el Decreto 1257/1974, de 25 de abril.

Hasta 1967, incluyendo la ley que se promulgó ese año, la legislación sobre medidas y pesos esencialmente pretendía, establecer los diferentes sistemas de unidades que existieron en cada momento o que fueron adoptados por la Conferencia General de Pesas y Medidas.

No será hasta la Constitución Española de 1978, cuando de nuevo se haga referencia a “la competencia exclusiva del Estado para legislar sobre pesas y medidas”. En cumplimiento del mandato constitucional y considerando el creciente progreso de las ciencias y la técnica con el desarrollo industrial y la intensificación de las transacciones comerciales, tanto a nivel nacional como internacional, fue necesario armonizar la actuación metroológica en un nuevo contexto, para poder alcanzar el nivel de eficiencia de los países industrializados.

Por ello, a principios de los años ochenta, el Gobierno español, consciente de la nueva realidad internacional, habiendo comenzado la negociación para la incorporación de España a las Comunidades Europeas, y teniendo en cuenta la importancia de la Metrología en el desarrollo tecnológico de un país, elaboró y presentó al Parlamento una nueva Ley de Metrología, promulgándose la ley 3 / 1985 de 18 de marzo, de Metrología.

La ley 3/1985, de 18 de marzo, de Metrología establece y determina:

- El marco jurídico para el desarrollo de la actividad metroológica en España
- El Sistema Legal de Unidades de Medida y de las cadenas de calibración
- Implantación del Control Metroológico del Estado
- Unifica la actividad metroológica nacional.

Esta ley marca el inicio de una nueva etapa y, en cumplimiento de lo establecido en ella, se creó por RD 415/1985, de 27 de marzo, el *Centro Español de Metrología* (CEM) como una Subdirección General del *Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Obras Públicas*, posteriormente recogida en el artículo 100 de la ley 31/1990, de 27 de diciembre, que configuró este Centro como Organismo Autónomo de carácter comercial e industrial de la Administración General del Estado dentro del *Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo*, denominado *Ministerio de Fomento* con posterioridad [Sevilla, 2003]. Actualmente, el CEM es un organismo autónomo adscrito a la

Secretaría General de Industria del *Ministerio de Industria, Turismo y Comercio*, siendo sus competencias las siguientes:

- Custodia, conservación y diseminación de los patrones nacionales de las unidades de medida
- Soporte de trazabilidad a la red de laboratorios de calibración y ensayo e industria
- Ejercicio de las funciones de la Administración General del Estado en materia de metrología legal
- Ejecución de proyectos de investigación y desarrollo en el ámbito metroológico
- Gestión el Registro de Control Metroológico
- Formación de especialistas en metrología
- Representación de España ante las organizaciones metroológicas internacionales

Las instalaciones del CEM están ubicadas en la localidad de Tres Cantos (Madrid), en donde se realizan, entre otras, las siguientes actividades:

- Calibración y verificación de equipos de medida
- Aprobaciones de modelos
- Ejecución de ensayos técnicos

Con el fin de asegurar la validez, coherencia y equivalencia internacional de sus mediciones, el CEM, como miembro de EUROMET, participa junto con otros Institutos Nacionales de Metrología en comparaciones interlaboratorios organizadas por las diferentes Organizaciones Metroológicas Regionales (OMR) o por el propio Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), a través de sus Comités Consultivos.

El CEM es asimismo firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA), redactado por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), por el que todos los Institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y de medida para las magnitudes, campos e incertidumbres especificados en el Anexo C del Acuerdo, el cual refleja las Capacidades de Medida y Calibración (CMC) aceptadas a nivel internacional, soportadas por comparaciones internacionales y realizadas bajo un estricto Sistema de Gestión de la Calidad basado en la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 [UNE-EN ISO/IEC 17025:2005] [<http://www.cem.es>] y desarrollado en el documento CGA-ENAC-LEC [ENAC, 2009].

Los participantes reconocen mutuamente sus capacidades de medida, basándose en los siguientes criterios:

- I. Participación con éxito en comparaciones identificadas por la comunidad metroológica internacional como de significación clave para magnitudes particulares en rangos específicos
- II. Participación con éxito en otras comparaciones suplementarias, relacionadas con servicios de calibración específicos o que suponen alguna prioridad comercial o económica para países individuales o regiones geográficas concretas

- III. Declaración de las capacidades de medida y calibración de cada participante (CMC), revisión dentro de la Organización Metroológica Regional (OMR) correspondiente, revisión por el resto de las OMR y publicación en la Base de Datos de Comparaciones Clave del BIPM (KCDB)
- IV. Sistema de Calidad, situado al nivel de la mejor práctica internacional, basado en criterios acordados, habitualmente normas internacionalmente reconocidas (ISO/IEC 17025), aplicado a los servicios de calibración

El CEM, mediante su participación en el MRA, garantiza a los organismos nacionales de acreditación y al resto de organismos implicados la credibilidad y aceptación internacional de las mediciones que disemina.

La diseminación de las unidades de medida por todo el país, desde el nivel primario hasta las mediciones realizadas en la industria, el comercio, la ciencia, la educación o los servicios, manteniendo una trazabilidad demostrable a los patrones nacionales, se realiza mediante el concurso de laboratorios de calibración, la mayoría de ellos acreditados por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC). Este conjunto de laboratorios, junto con la propia ENAC, constituye parte importante del Sistema Metroológico Español (SME).



Figura 3.1. Estructura metroológica española

El SME (Figura 3.1) está formado por el Centro Español de Metrología (CEM) y los Laboratorios Asociados⁵ a él (en la actualidad ROA, IFA-CSIC, INTA, TPYCEA,

⁵ Laboratorios depositarios de patrones nacionales correspondientes a magnitudes no cubiertas por el CEM.

CIEMAT, LCOE e ISCIII). Todos ellos forman la cúspide de la pirámide metroológica nacional, donde se establecen y mantienen los patrones primarios de las unidades de medida correspondientes al Sistema Internacional de Unidades (Sistema SI), declarado de uso legal en España por Ley 3/1985, de 18 de marzo, de Metrología, [<http://www.cem.es>].

3.3 Asociación Española de Normalización (AENOR)

Los orígenes de la normalización en España se enmarcan, al igual que la mayoría de los países europeos, en el campo de la normalización electrotécnica. Por Real Decreto de 22 de noviembre de 1912 se crea en el seno del *Ministerio de Fomento* la *Comisión Permanente Española de Electricidad*, como entidad asesora del Gobierno en este campo y como representante de España en las reuniones internacionales. En su artículo 4 se recomienda a este órgano la representación del país en el seno de la *Comisión Electrotécnica Internacional* (CEI), creada unos años antes en Londres.

En 1924 se creó el *Comité Nacional de Ensayos de la Fundición*, que pasaría a convertirse en la *Comisión Permanente de Ensayos de Materiales y Tipificación Industrial*, dependiente del *Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio*. Esta comisión fundó a su vez la *Oficina de Unificación del Material Ferroviario Español*, a la cual se añadirían en 1930 la *Comisión de normalización de la Construcción Naval* y la *Asociación Electrónica Ibérica*.

En 1935 se produce el primer intento de crear un organismo normalizador de carácter general para todos los campos de la industria española. Se crea, gracias al apoyo de la *Federación de Industrias Nacionales*, la *Asociación Española de Normalización*, con la misión de coordinar sus trabajos con los organismos normalizadores existentes y cubrir las necesidades de los sectores industriales que carecían de este tipo de organismos.

En 1946 se fundó el *Instituto de Racionalización del Trabajo* (INRT), dependiente del *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, en el que para cada sector económico se crea una comisión técnica en la que participan, además de la Administración, los distintos agentes económicos y sociales, con la función de elaborar las normas técnicas relativas a su sector.

En 1971 se modifica la denominación del INRT a *Instituto Español de Normalización* (IRANOR), lo cual no supuso cambios apreciables en el desarrollo de la actividad normalizadora. Este organismo, adscrito originariamente al *Ministerio de Educación y Ciencias* a través del *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, ha sido durante varios años el responsable de la elaboración y difusión de las normas españolas, y el representante de España en los foros internacionales [Álvarez, 1999].

Al inicio de la década de los ochenta, debido a la incorporación de España en la Comunidad Europea, se plantea la necesidad de llevar a cabo un cambio drástico en la actividad normalizadora del país, que hasta entonces se había desarrollado de forma no muy eficaz debido fundamentalmente a la falta de adecuación y coordinación de las normas UNE elaboradas por IRANOR.

Dicho cambio comenzó con la aprobación del RD 2584/1981 [RD 2584/1981], por el que se aprobaba el Reglamento General de las actuaciones del *Ministerio de Industria y Energía* en el campo de la Normalización y Homologación. Posteriormente, mediante el RD 1614/1985 [RD 1614/1985], se estableció la ordenación de las actividades de normalización y certificación. En este documento ya se preveía la sustitución de IRANOR por asociaciones sin fin lucrativo, de carácter privado y ámbito nacional, con el objeto de desempeñar de una forma más ágil la actividad normalizadora. Esto sí supuso realmente un cambio radical en la orientación de las actividades de normalización y certificación, aunque no significó un abandono total por parte de la Administración [Sebastián, 1996].

En el artículo 3 de este Real Decreto se crea el *Consejo Superior de Normalización*, y en su artículo 5 encomienda al *Ministerio de Industria y Energía* la designación, previo informe de la Comisión Permanente, de entre las asociaciones o entidades solicitantes, a aquellas que habrían de desarrollar las tareas de normalización y certificación.

En 1986 se crea AENOR (*Asociación Española de Normalización y Certificación*), designada por Orden del Ministerio de Industria y Energía, de 26 de febrero de 1986, como entidad reconocida para desarrollar tareas de normalización y certificación, de acuerdo con el artículo 5 del Real Decreto 1614/1985.

Posteriormente, con el Real Decreto 2200/1995 [RD 220/1995], de 28 de diciembre, en desarrollo de la Ley 21/1992 de Industria, por el que se aprueba el *Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial*, AENOR queda reconocido como el Organismo de Normalización, con la finalidad de desarrollar las actividades relacionadas con la elaboración y difusión de las normas UNE.

En cuanto a su participación en los distintos ámbitos internacionales, los Organismos de Normalización de los que forma parte son:

- **CEN:** Organismo Europeo de normalización multisectorial, activo en todos los ámbitos excepto en el de la electrotécnica y el de las telecomunicaciones
- **CENELEC:** Organismo Europeo responsable de la normalización en el ámbito de la electrotécnica
- **ETSI:** Organismo Europeo activo en el ámbito de las telecomunicaciones

- **ISO:** Organismo internacional de normalización multisectorial, activo en todos los ámbitos excepto en los de electrotecnia y telecomunicaciones
- **IEC:** Organismo internacional responsable de la normalización en el ámbito de la electrónica
- **ITU:** Organismo internacional activo en el ámbito de las telecomunicaciones
- **COPANT:** Comisión Panamericana de Normas Técnicas
- **Comisión Europea:** Institución de la Unión Europea que entre otras cosas regula la normalización Europea. Se encarga de redactar las Directivas respetando el Nuevo Enfoque y provee mandatos a CEN, CENELEC y ETSI para que redacten normas.
- **AELC:** Asociación Europea de Libre Comercio que reúne a los países de la U.E. junto a Islandia, Liechtenstein, Noruega y Suiza y que participa en la normalización Europea.

3.4 Sistema de Calibración Industrial (SCI)

Hasta 1981 se puede hablar en España de una falta de infraestructura metrológica suficiente para satisfacer las necesidades de calibración. Los demandantes de servicios de calibración tenían una alta dependencia de “laboratorios oficiales españoles” (INTA, TPA, ROA) o Nacionales extranjeros (NIST, NPL, IMGCC) para conseguir la trazabilidad.

El establecimiento de un Sistema de Calibración Industrial (SCI) queda previsto en el Real Decreto 2584/1981, de 18 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de las actuaciones del Ministerio de Industria y Energía en el campo de la Normalización y Homologación.

“Sección 4. Calibración

2.4.1 Para satisfacer la especial necesidad tanto de los fabricantes como de los laboratorios acreditados, de que las medidas empleadas se mantengan dentro de las tolerancias admisibles, el ministerio de industria y energía, dentro de su ámbito de competencia, podrá establecer un sistema de calibración industrial que facilite esta tarea básica”.

La orden de 21 de junio de 1982 sobre la creación y funcionamiento del *Sistema de Calibración Industrial* establecía que:

“El Sistema de Calibración Industrial, previsto en la sección 4 del capítulo 2 del Reglamento General aprobado por el Real Decreto 2584/1981, de 18 de septiembre, contará con laboratorios de calibración para efectuar, en el ámbito de competencia del Ministerio de Industria y Energía, los procesos de calibrado en los equipos de medida utilizados por los laboratorios acreditados para los ensayos de homologación de productos industriales y, en su caso, los de las empresas fabricantes de dichos productos”.

Se integran en este sistema los laboratorios de calibración que llevasen a cabo los procesos de calibración sobre los equipos de medida de los laboratorios acreditados para ensayos de homologación de productos industriales y, en su caso, los de las empresas fabricantes de dichos productos. Se procede a la clasificación y calificación de los mismos, dentro de un área de calibración, de forma que se validen sus resultados ante la Administración competente. Las áreas en las que los laboratorios desarrollan su actividad de calibrado son:

- Dimensiones
- Tiempo y frecuencia
- Masa y fuerza
- Presión y vacío
- Temperatura
- Óptica e iluminación
- Acústica
- Electricidad
- Radiofrecuencia
- Radiación ionizante
- Otras áreas

Además de prestar esta labor de apoyo a los "laboratorios de ensayo", los laboratorios de calibración cumplen otras funciones dentro del conjunto de la actividad científico-industrial del país, tales como dar servicio de calibración a otros laboratorios y directamente a empresas productoras y realizar mediciones para fabricantes y organismos de investigación.

El Sistema de Calibración Industrial descansa sobre dos pilares básicos: trazabilidad y coherencia. La trazabilidad es la propiedad del resultado de una medición, por la cual este resultado se puede relacionar o referir a los patrones o referencias del más alto nivel, y a través de éstos a las unidades fundamentales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones. La existencia de esta cadena se tiene que acreditar documentalmente y es necesario que exista un plan de calibración, con los plazos de recalibración bien definidos.

La coherencia se consigue con un Grupo asesor de calibración y con la puesta en práctica de procesos de calibración comunes, así como con reuniones periódicas, mesas redondas y cursillos de calibración.

De forma paralela, el RD 2584/1981, en su capítulo 2, sección 3 establece que:

“el conjunto integrado por los laboratorios acreditados, constituirá la red nacional de laboratorios de ensayos industriales (RENLEI), cuyo ámbito de actuaciones se extiende a todo el territorio nacional”.

La estructuración de la RENLEI sigue las normas emanadas por la *Internacional Laboratory Accreditation Conference* (ILAC), creada en 1977, y ya en 1982 figura la RENLEI en el catálogo mundial de organismos y medios de ensayo publicado por dicha Conferencia.

Su campo de actuación esta dirigido fundamentalmente a verificaciones y pruebas derivadas de reglamentaciones industriales.

RENLEI fue sustituido por RELE (*Red Española de Laboratorios de Ensayo*), siendo reconocido por el Organismo competente (*Dirección General de Política Tecnológica*) por Resolución de 10 de marzo de 1993, para desarrollar las actividades de acreditación. Por esta resolución se reconoce a la Asociación "*Red Española de Laboratorios de Ensayo*" (RELE) como Entidad acreditadora de Entidades de Certificación, Entidades de Inspección o Auditorías de la Calidad, de Laboratorios de Ensayo y Laboratorios de Calibración Industrial. En dicha Resolución se hace mención a la normativa EN 45000 (norma europea para la acreditación), indicándose que la RELE se ha adaptado a dicha normativa.

Asimismo, por resolución de 2 de octubre de 1995, de la *Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial*, se modifica a nombre de la *Entidad Nacional de Acreditación* (ENAC), el reconocimiento acordado a RELE [Sebastián, 1996].

La *Entidad Nacional de Acreditación* (ENAC) es una asociación auspiciada y tutelada por el *Ministerio de Industria y Energía* (MINER), y de acuerdo con el R. D. 2200/95 queda reconocida como única entidad acreditadora en España, la cual coordina y dirige en el ámbito estatal un Sistema de Acreditación conforme a normas internacionales.

3.5 Asociación Española para la Calidad (AEC)

En 1961 se funda la *Asociación Española para el Control de Calidad* (AECC), entidad privada sin ánimo de lucro que cambia su denominación por el de *Asociación Española para la Calidad* (AEC), siguiendo la práctica iniciada por la *American Society for Quality Control* y la *European Organization for Quality Control*, debido a que la aplicación de la Calidad se fue paulatinamente generalizando, de manera que dicho término no era ya estrictamente englobable dentro de los límites del “control de la calidad”. En adelante se empleará la denominación actual. Un aspecto que también

pesó en esta decisión fue la coincidencia de sus siglas con la *Asociación Española Contra el Cáncer*.

Las actuaciones de la AEC están orientadas fundamentalmente dentro del ámbito de la calidad, y también más recientemente en las actividades relacionadas con el medio ambiente, prevención y riesgos laborales.

Sus trabajos se llevan a cabo a través de los Comités cuya designación corresponde a la actividad genérica que se desarrolla en el mismo. Los Comités pueden ser sectoriales o multisectoriales, de ámbito estatal, autonómico o local. De hecho, a diferencia de AENOR e ISO, la AEC no se estructura rígidamente en Comités, sino en Secciones, Grupos regionales, etc., tratándose de una estructura más compleja y adaptable.

Dado que la Metrología constituye una herramienta fundamental para la consecución de los objetivos de calidad en los diversos ámbitos de la industria, las transacciones comerciales y la investigación técnico-científica, el Comité de Metrología tiene una especial relevancia dentro de la AEC. En concreto, dicho Comité tiene como principales objetivos:

- Servir de foro de encuentro para trabajar en la identificación y solución de los problemas metrológicos más frecuentes con los que se encuentran las empresas y organizaciones, con especial atención a las PYMES.
- Intercambiar conocimientos y experiencias, sobre cuestiones de carácter metrológico, entre los miembros del Comité.
- Promover y apoyar las actividades de formación de la AEC en el ámbito de la Metrología.
- Colaborar con instituciones, organismos públicos y otras asociaciones en cualquier actividad de apoyo o difusión de la Metrología.

Los miembros de este Comité son miembros individuales o pertenecientes a Organismos o Entidades, públicos o privados [www.aec.es].

Asimismo, uno de los pilares básicos de la AEC es la formación, cuya metodología se basa en la identificación de los objetivos de sus clientes, realizando un estudio de las necesidades de las empresas y los profesionales. Los programas de formación contemplan conocimientos teóricos y experiencias prácticas. Dicha formación queda sustentada por las publicaciones que se desarrollan a través de los distintos Comités.

Capítulo 4

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIALES DE LOS DOCUMENTOS METROLÓGICOS

4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE LOS DOCUMENTOS METROLÓGICOS

4.1 Introducción

Cuando se va a llevar a cabo una actividad metrológica determinada, como puede ser la calibración de un instrumento, es común recurrir a la documentación disponible sobre dicha actividad. En un principio, serán elegidos aquellos documentos específicos que procedan de organismos oficiales (p.e. CEM o SCI) que sean utilizados como referentes en el campo considerado, de forma que pueda garantizarse la bondad de las actuaciones realizadas. Sin embargo, al hacer uso de ello no es infrecuente que se presenten diferencias sustanciales según la procedencia de cada documento. Estas discrepancias afectan no sólo a que un mismo aspecto pueda desarrollarse siguiendo criterios no coincidentes, sino incluso al propio léxico empleado. Asimismo, en muchas ocasiones, el contenido de los documentos que dichos organismos ofrecen no siempre es completo, resulta disperso o excede los límites que se marcan en los propios títulos. Por ello, el usuario debe decidir cuál de los documentos se adapta mejor a sus necesidades, aunque no siempre esta decisión es tan evidente, ya que al final, es muy común que ninguno de ellos satisfaga de forma completa sus expectativas.

Ante esta situación, el usuario puede recurrir a otros documentos fundamentales de trabajo, como pueden ser las normas, estableciendo la elección del documento anterior en base a su adecuación a las especificaciones establecidas en dichas normas. El problema puede surgir de nuevo cuando, para la regulación de un determinado aspecto, coexiste más de un documento normativo sin que, en muchas ocasiones, se aporte información armonizada entre ellos, ni siquiera en aspectos tan básicos como el lenguaje empleado.

Es posible dar un siguiente paso y utilizar otros tipos de recursos documentales, como es el caso de los procedentes de asociaciones cualificadas o cualquier otro organismo relacionado con la actividad considerada. Ante todo, se trata de recabar información desde distintas fuentes que ayuden a conformar el documento final de trabajo.

En definitiva, el número de documentos implicados va aumentando en la misma medida que el desconcierto y la inseguridad del usuario acerca de la utilidad de dichos documentos para el fin que se persigue. Las preguntas que se plantean de forma inmediata van encaminadas a determinar aspectos tales como: por qué no se realizan

labores de coordinación en la elaboración de varios documentos de un mismo tipo, aún cuando se trate del mismo organismo; en qué condiciones se lleva a cabo la elaboración o modificación de un determinado documento sin tener en cuenta ni siquiera las normas vigentes que le son de aplicación, o sin considerar la actualización de los documentos que derivan de los mismos. Cabría preguntarse además si estos problemas surgen de igual forma en otros campos tecnológicos o científicos, y cuál es el alcance de estas diferencias.

La solución a todos estos inconvenientes presentados podría ser muy sencilla; cada vez que se edite un documento, éste habrá sido puesto en conocimiento de los principales organismos relacionados, de forma que quede garantizada su homogeneidad, compatibilidad y adecuación con el resto de documentos principales que regulan dicha actividad. Sí es cierto que esta actividad se presenta bastante complicada, ya que supone realizar un trabajo conjunto y coordinado, lo cual en ocasiones puede entrar en conflicto con los intereses particulares de cada una de las partes.

Una forma de paliar, aunque sea de forma parcial, los aspectos negativos que dificultan el proceso anterior, podría ser disponer de una herramienta sencilla de evaluación con la que poder extraer información acerca del grado en que un documento cumple con los objetivos para los que fue elaborado y por los que él lo necesitaba. Las preguntas que pueden formularse, sea cuál sea su tipo, pueden estructurarse de forma ordenada conformando una “plantilla de trabajo”, normalizando así la realización de dicho análisis.

4.2 Antecedentes

Antes de proceder a exponer la problemática de la evaluación inicial de la documentación metrológica, como primera aproximación a la metodología sobre la que se fundamenta esta Tesis Doctoral, se va realizar una revisión de los antecedentes que han existido en la línea de la pretensión de organizar, estructurar, sistematizar y unificar, mediante análisis de contenidos, la información técnica, científica y descriptiva en el campo de la Metrología. Dado que este ámbito es excesivamente limitado, dichos antecedentes van a tener que generalizarse, al menos inicialmente, ampliando el horizonte de aplicación, permitiendo un acercamiento paulatino posterior. La identificación del estado del arte de la temática que esta Tesis plantea quedaría, en caso contrario, excesivamente restringida y casi abocada a la afirmación de que apenas se han encontrado elementos específicamente relacionados con dicha temática, quedando así remarcada la originalidad de su planteamiento.

4.2.1 Primeros procesos recopilatorios y clasificatorios

Desde el punto de vista histórico puede comprobarse la temprana atención que los científicos y filósofos prestaron a la necesidad de estructurar, agrupar y clasificar el conjunto de conocimientos que iban adquiriendo y desarrollando. Las obras de los pensadores griegos venían imbuidas en dicha necesidad como método de avance en el saber y vieron continuado este afán durante todo el medievo. Un ejemplo clásico es el *Corpus Aristotelicum*, compendio de tratados del filósofo, lógico y científico Aristóteles de Estagira (384 a. C. – 322 a. C.). Su pensamiento tuvo una enorme influencia no solo en la historia del pensamiento griego y antiguo en general sino que persistió en el mundo árabe y fue la base de la escolástica medieval. Analiza el universo complejo en base a un sistema de 10 categorías, basado en la sustancia y en 9 accidentes (cantidad, cualidad, relación, lugar, tiempo, situación, condición, acción y pasión). Es de destacar la organización del *Corpus Aristotelicum* que Immanuel Bekker desarrolló, ya en el siglo XIX, mediante la clasificación en cinco familias (Lógica, Física, Metafísica, Ética y Política, y Retórica y Poética) codificadas numéricamente [Barnes, 1998] aunque basadas en estudios más antiguos.

Por su parte, en 1735 Karl Nilsson Linneo (1707-1778) establece en su obra “*Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*” [Linneo, 1758], una clasificación metódica de los seres naturales [Blunt, 2004], que serviría como base del desarrollo de los estudios taxonómicos posteriores, en especial de la teoría de la evolución de las especies de Darwin. Esa clasificación estableció los fundamentos de la nomenclatura binomial moderna.

Otro ejemplo de estructuración y recopilación de información científica lo constituye la iniciativa desarrollada durante el denominado Siglo de las Luces. Durante la Ilustración, el movimiento racionalista tuvo un importante empuje que se basó en la búsqueda de la verdad, el apoyo en la experiencia de la naturaleza y el abandono de las oscurantistas supersticiones. Bajo los auspicios de Denis Diderot y Jean le Rond d’Alembert, en el siglo XVIII toma cuerpo la hercúlea iniciativa de elaborar una enciclopedia que integre el conjunto de los conocimientos de la época, que es editada, en su primera versión, entre los años 1751 y 1772 con el título de “*L’Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*” [Diderot, 1751]. La obra, que comprendía un total de 35 volúmenes, se estructuró de acuerdo a lo establecido en el *árbol de los conocimientos humanos*, propuesto por Francis Bacon en su libro “*Novum Organum*” [Bacon, 2004] y en ella participaron unas 160 personas de especialidades y ocupaciones muy diversas. Obviamente en ella se abordan, entre otros, temas referentes a la metrología, pocos años antes de que se iniciara la gran “aventura” del metro, que daría por origen al actual Sistema Internacional de Unidades.

Un método utilizado en muchas bibliotecas hoy en día es el desarrollado por Melvin Dewey (1851-1931). Se trata de la *Clasificación Decimal Universal* (CDU), cuyo primer nivel jerárquico emplea cifras para representar 10 campos de entrada [Wiegand, 1996]:

- (0) generalidades
- (1) filosofía y psicología
- (2) religión
- (3) ciencias sociales
- (4) lenguaje
- (5) ciencias naturales y matemáticas
- (6) tecnología
- (7) artes
- (8) literatura
- (9) geografía e historia

Se trata de un método generalista pero poco nemotécnico que posibilita la clasificación y catalogación de documentos.

4.2.2 Recopilaciones en fabricación y metrología

Acotando más la temática relativa a los esfuerzos integradores, cabría identificar los compendios genéricos de fabricación⁶. Su labor también es recopilatoria e integradora, recurriendo en muchos casos a la inclusión de contenidos procedentes de normas, no siempre actualizadas, y careciendo de comprobaciones o análisis de los contenidos de los que partían.

En el ámbito puramente metroológico, cabría mencionar el “*Handbook of dimensional measurement*” de Francis T. Farago [Farago, 1982], con escaso apoyo en normativa o en documentación generada por organismos con reconocimiento oficial. A nivel español, un texto que sí utiliza normativa, sobre todo UNE, de forma literal y con profusión es el clásico “*Curso de metrología dimensional*” de J. Carro [Carro, 1978]. De hecho han existido tímidos intentos de realizar libros basados en normas, así, en España se puede citar el caso de “*DIN. Normas fundamentales*”, de M. Balzola [Balzola, 1944], relativo a normas DIN de tolerancias y de procesos de fabricación.

Más recientemente, se destaca la publicación por parte de AENOR, y en formato libro, de recopilaciones de normas agrupadas dentro de una misma temática, como “*Dibujo técnico. Normas básicas*” de AENOR [AENOR, 1999] en el que se trata el sistema ISO de representación, o, más específicamente, el libro “*Metrología dimensional*” [AENOR, 2001], constituido por 19 normas agrupadas en 4 capítulos (calidad superficial, instrumentos de medida, patrones y tolerancias). En cualquier caso, estos textos carecen de un prólogo o apartado adicional en el que se realice una mínima crítica sobre los contenidos de las normas, limitándose a transcribirlas. Por otra parte, el grado de cohesión existente entre las normas de esta colección es limitado y la

⁶ Entre ellos se destacan, como clásicos, el “*Manual del Ingeniero*” de Hütte [Hütte, 1940], el Manual de Casillas “*Cálculos de Taller*” [Casillas, 2008] y de Jiménez Balboa [Jiménez, 1977].

distribución de la extensión de sus capítulos puede entenderse como descompensada hacia la calidad superficial.

Aunque más adelante se va a realizar un análisis de los contenidos de normas UNE, señalando los problemas que poseen a nivel de completitud, compatibilidad y grado de coherencia, cabe adelantar que la generación de estos documentos normativos no siempre ha proporcionado una estructura de normas adecuada, lógica y con contenidos utilizables para el aprendizaje. Sí que existen buenos resultados en esta dirección procedentes de organismos de otros países. Así, el texto “*Dimensioning and tolerancing*” de la American Society of Mechanical Engineers [ANSI/ASME, 2009], está basado en normas ANSI e ISO, aunque estructurado como libro, pudiéndose considerar un útil manual para la enseñanza universitaria, pero también y para el uso profesional, del lenguaje de diseño del dimensionado geométrico y de las tolerancias, incluyendo guías para interpretar los contenidos de las normas ANSI e ISO en su ámbito de aplicación. En esta misma dirección se han encaminado las iniciativas de la Asociación Francesa de Normalización, AFNOR, con la editorial Nathan para elaborar libros de enseñanza basados en normas, en este caso dirigidos a los ciclos formativos profesionales superiores, bajo la denominación de “*Précis*”. Se destacan el “*Précis de méthodes d’usinage*” [Dietrich, 2004] y los tres tomos del “*Précis de construction mécanique*” [Dejans, 2006].

4.2.3 Normativa CETA

También en España se han elaborado documentos normativos con contenidos estructurados, enriquecidos y susceptibles de ser utilizados en la enseñanza. Un ejemplo de gran interés lo constituyen las normas CETA (Centro de Estudios Técnicos de Automoción) [Martínez, 1999] [Ortiz, 1999], si bien restringido al sector del automóvil. Esta entidad, creada en 1946 y dependiente del Instituto Nacional de Industria, elaboró un conjunto completo y bien estructurado de normas, integrado por los siguientes grupos [CETA 00001]:

Grupo 0	Normas fundamentales
Grupo 1	Tipos de fabricación
Grupo 2	Materiales
Grupo 3	Elementos comunes normalizados
Grupo 4	Electricidad
Grupo 7	Máquinas-herramienta y utillaje
Grupo 9	Instalación y equipos
Grupo Verificación	Verificación de elementos

En la Tesis Doctoral [González, 2009] se realiza un análisis comparativo entre los contenidos de normas CETA y UNE que tratan sobre una misma temática, llegándose a la conclusión de que la normativa CETA presenta en su contenido y exposición diferencias que la hacen singular frente a la normativa UNE. Aunque actualmente no está vigente, indica que el contenido de las normas CETA presentan un componente

pedagógico importante, con una clara elaboración enfocada a cubrir las necesidades en la industria fabricante de automóviles.

4.2.4 Estructuración de normativa UNE

Conviene remarcar que dentro de las normas UNE también se han desarrollado algunas series adecuadamente estructuradas, en muchos casos proveniente de la normativa internacional. En concreto la familia de las normas GPS (Especificación Geométrica de Producto) [López, 2006], traducción de las correspondientes ISO, pueden considerarse, al igual que la serie de normas ISO 9000 [UNE-EN ISO 9000:2005] [ISO, 2008], como intentos serios de dar coherencia, continuidad, completitud y estructura a un conjunto de normas individuales. GPS se puede considerar como un lenguaje de símbolos internacional que se emplea para la identificación de tolerancias y la transmisión de requisitos de la geometría de piezas en dibujos técnicos. Su finalidad es establecer, en la etapa de diseño, las indicaciones necesarias, tanto dimensionales como de caracterización geométrica y acabado superficial de las superficies, que forman un elemento para que funcione correctamente, así como las desviaciones que son permitidas para que pueda considerarse que no afectan a su funcionamiento [Bennich, 2005, a] [Bennich, 2005, b]. Se desarrolló mediante la cooperación de más de 60 países encontrándose documentado en las normas ISO. Para intentar resolver las redundancias, carencias y contradicciones que se habían suscitado por el desarrollo descoordinado de un conjunto de normas sobre dimensionado por parte de varios comités de ISO (y UNE), se creó un grupo de armonización en el seno de ISO formado por expertos de tres comités técnicos (ISO/TC 3, ISO/TC 10 e ISO/TC 57). Este grupo elaboró el informe técnico ISO/TR 14638:1995 “*Geometrical product specification (GPS). Masterplan*” [ISO/TR 14638:1995], editado en 2005 por AENOR con la designación UNE-CR ISO 14638:2005 “Especificación geométrica de productos (GPS). Esquema general” [UNE-CR ISO 14638:2005]. La familia GPS cubre varios tipos de normas y documentos:

- Normas GPS fundamentales
se ocupan de las reglas básicas de las especificaciones
- Normas GPS globales
comprenden principios y definiciones globales
- Normas GPS generales
tratan directamente las características geométricas
- Normas GPS complementarias
tienen un enfoque dirigido a procesos o a productos/componentes

Es de destacar que esta familia de normas está caracterizada por poseer una estructura jerarquizada, ordenada y sistematizada, cumpliendo para ello las siguientes tres acciones:

- 1) Identificación de las normas de acuerdo a su categoría correspondiente dentro del esquema general del modelo GPS

- 2) Ubicación de las normas generales en la denominada *matriz GPS reducida*, constituida horizontalmente por las cadenas de normas (eslabones) y verticalmente por las características dimensionales (Tabla 4.1).
- 3) Seguimiento de tres reglas de comportamiento:
 - Regla de no ambigüedad
 - Regla de complementariedad
 - Regla de totalidad

Tabla 4.1 Matriz GPS reducida

Característica geométrica del elemento		Número del Elemento/Eslabón					
		1	2	3	4	5	6
		Indicación en la documentación del producto. Codificación	Definición de tolerancias. Definición teórica y valores	Definiciones de características o parámetros del elemento representativo	Evaluación de las desviaciones de la pieza. Comparación con los límites de tolerancia	Exigencias para equipos de medida	Exigencias de calibración. Patrones de calibración
1	Dimensión/Tamaño						
2	Distancia						
3	Radio						
4	Ángulo						
5	Forma de línea, independiente de una referencia						
6	Forma de línea, dependiente de una referencia						
7	Forma de superficie, independiente de una referencia						
8	Forma de superficie, dependiente de una referencia						
9	Orientación						
10	Posición						
11	Alabeo circular						
12	Alabeo total						
13	Referencias						
14	Perfil de rugosidad						
15	Perfil de ondulación						
16	Perfil primario						
17	Defectos superficiales						
18	Aristas						

Por otra parte, han existido precedentes de normas específicamente concebidas para servir como guía en la redacción estructurada de documentos, no necesariamente normativos. En efecto, en España el más antiguo es la “*Guía para la preparación de normas*” elaborada como Proyecto de Norma Española con la codificación PNE 0-000, publicada por el Instituto Español de Normalización en 1983 [PNE 0000:1983], y posteriormente como norma definitiva en 1985 [UNE 0000:1985]. El objeto de esta

norma era establecer las reglas fundamentales a seguir en la redacción y presentación de una norma, si bien en ella se indicaba explícitamente que se podía emplear no sólo en la preparación de éstas sino también en la elaboración de instrucciones, documentación, guías de aplicación, códigos, manuales o cualquier otro documento de naturaleza análoga. La norma incluía un conjunto de interesantes reglas básicas que cubrían aspectos tales como la eliminación de errores técnicos, la necesidad de redactar con claridad, precisión y coherencia, la uniformidad en la terminología y en la redacción, la conformidad con las normas fundamentales y la ordenación del conjunto de elementos que constituyen una norma, agrupados en las siguientes cuatro tipologías:

- Elementos preliminares
- Elementos generales
- Elementos de contenido normativo
- Elementos suplementarios

Se constata el gran interés que tiene este documento por ser una clara apuesta por la mejora de las características de los contenidos de la documentación a implementar, estandarizando los principales aspectos que pueden afectar a la redacción de todo tipo de documentos, trasladables a los no necesariamente normativos, y perfectamente aplicables a aquellos que ocupan la presente Tesis Doctoral. Cabría de hecho contrastar el grado de asunción de estos postulados por parte de los organismos que se analizan.

La UNE 0-000-85 fue posteriormente anulada [BOE 140:1991]⁷, dejando de tener carácter de norma, pero sustituyéndose su contenido por otro documento publicado por AENOR, la “AEN/DN 1297/1990 *Guía para la redacción de documentos normativos UNE*” [AENOR:1990], posteriormente sustituida por la actual “AEN/DN 013/2006 *Guía para la redacción de documentos normativos UNE*” [AENOR:2006], manteniendo los mismos objetivos que la norma primitiva. Aunque similares, existen algunas diferentes entre los contenidos de la PNE 0-000-83 y los de la AEN/DN 013/2006. Los principales se pueden identificar en la Tabla 4.2

⁷ En la siguiente página web de AENOR se indica que dicha norma se anuló el 20 de febrero de 1991, si bien la fecha de la resolución de la anulación es el 14 de marzo de 1991 y la publicación en BOE es el 12 de junio de 1991:

<http://www.aenor.es/desarrollo/normalizacion/normas/fichanorma.asp>

Tabla 4.2 Diferencias entre la PNE 0-000-83 y la AEN/DN 013/2006

PNE 0-000-83	AEN/DN 013/2006
<i>Organismo</i>	
IRANOR	AENOR
<i>Número de páginas</i>	
30	60
<i>Objeto</i>	
Dirigido a la redacción de normas (aunque generalizable a otros documentos)	Dirigido a la redacción de documentos normativos (aunque generalizable a otros documentos)
<i>Tipologías de elementos que constituyen una norma</i>	
<p>6.1 Elementos preliminares</p> <ul style="list-style-type: none"> 6.1.1 Código del documento 6.1.2 Título 6.1.3 Índice 6.1.4 Información complementaria <p>6.2 Elementos generales</p> <ul style="list-style-type: none"> 6.2.1 Introducción 6.2.2 Objeto 6.2.3 Campo de aplicación 6.2.4 Normas de consulta <p>6.3 Elementos que constituyen el contenido técnico de la norma</p> <ul style="list-style-type: none"> 6.3.1 Definiciones o terminología 6.3.2 Símbolos y abreviaturas 6.3.3 Materiales, diseño y fabricación 6.3.4 Características 6.3.5 Muestreo 6.3.6 Métodos de ensayo o de inspección 6.3.7 Clasificación y designación de los productos 6.3.8 Marcado, etiquetado, embalaje 6.3.9 Correspondencia con otras normas <p>6.4 Elementos suplementarios</p> <ul style="list-style-type: none"> 6.4.1 Anexos 6.4.2 Notas a pie de página 	<p>6.1 Elementos informativos preliminares</p> <ul style="list-style-type: none"> 6.1.1 Portada 6.1.2 Índice 6.1.3 Introducción <p>6.2 Elementos normativos de carácter general</p> <ul style="list-style-type: none"> 6.2.1 Código del documento 6.2.2 Título de la norma 6.2.3 Objeto y campo de aplicación 6.2.4 Normas de consulta <p>6.3 Elementos normativos de carácter técnico</p> <ul style="list-style-type: none"> 6.3.1 Terminología y definiciones 6.3.2 Símbolos y abreviaturas 6.3.3 Requisitos 6.3.4 Muestreo o toma de muestras 6.3.5 Métodos de ensayo 6.3.6 Reactivos y materiales de ensayo 6.3.7 Aparatos 6.3.8 Métodos de ensayo alternativos 6.3.9 Clasificación y designación 6.3.10 Marcado, etiquetado, embalaje, transporte y documentación 6.3.11 Anexos normativos <p>6.4 Elementos informativos suplementarios</p> <ul style="list-style-type: none"> 6.4.1 Correspondencia con otras normas 6.4.2 Bibliografía 6.4.3 Anexos informativos 6.4.4 Notas a pie de página 6.4.5 Notas y ejemplos insertados en el texto 6.4.6 Notas en tablas y figuras

Tabla 4.2 Diferencias entre la PNE 0-000-83 y la AEN/DN 013/2006 (continuación)

PNE 0-000-83	AEN/DN 013/2006
<i>Tipología de la Introducción</i>	
La incluye dentro de los elementos generales	La incluye dentro de los elementos informativos preliminares
<i>Tipología de la Correspondencia con otras normas</i>	
La incluye dentro de los elementos de contenido normativo	La incluye dentro de los elementos informativos suplementarios
<i>Tipología de los Anexos</i>	
Aunque distingue entre anexos que son partes integrantes del cuerpo de la norma y los que únicamente proporcionan información suplementaria, los incluye a todos dentro de elementos suplementarios	Los anexos normativos los incluye en los elementos normativos de carácter técnico Los anexos informativos los incluye en los elementos informativos suplementarios
<i>Generalidades y reglas básicas</i>	
Separa el contenido del capítulo 3 Generalidades del capítulo 4 Reglas básicas	Une ambos contenidos en el capítulo 4 Principios generales y reglas básicas
<i>Definiciones</i>	
No incluye definiciones	Incluye definiciones
<i>Anexos</i>	
ANEXO A Normas fundamentales ANEXO B Presentación de textos mecanografiados ANEXO C Redacción de títulos ANEXO D Presentación de los términos y definiciones ANEXO E Presentación de las exigencias técnicas	ANEXO A (<i>normativo</i>) Redacción de títulos ANEXO B (<i>normativo</i>) Presentación de los términos y de las definiciones ANEXO C (<i>normativo</i>) Adopción de documentos CEN/CENELEC/ETSI como documentos normativos UNE ANEXO D (<i>normativo</i>) Grados de correspondencia entre los documentos normativos UNE y los documentos normativos europeos o internacionales ANEXO E (<i>informativo</i>) Normas de referencia ANEXO F (<i>informativo</i>) Cómo utilizar magnitudes y unidades en los documentos normativos UNE ANEXO G (<i>informativo</i>) Índice alfabético por temas ANEXO H (<i>informativo</i>) Guía resumen para la redacción de documentos normativos UNE

Entre las propuestas de estos documentos se destaca la regla a seguir en la redacción del título de una norma. Así, identifica que dicho título puede tener hasta tres elementos relacionados jerárquicamente:

- Elemento general (preliminar): necesario si el elemento principal no define suficientemente el campo de la norma
- Elemento principal (central): nunca puede omitirse
- Elemento complementario: si la norma cubre sólo algún aspecto del campo del elemento principal

También incluye reglas encaminadas a caracterizar lo que es necesario incluir en el título y lo que debe ser evitado.

4.2.5 Sistema Integrado de Categorías Universales (SICU)

También existen referentes previos dirigidos no sólo a la estructuración de la documentación sino a su análisis y clasificación. Entre ellos se puede destacar al método SICU (*Sistema Integrado de Categorías Universales*). Se trata de un método lógico, desarrollado en la Universidad de Zaragoza, apto para analizar sistemas complejos desde una perspectiva holística, es decir, basada en la integración total frente a un concepto o situación [Torres, 2004, a] y enfocado al estudio y desarrollo de conocimientos. Este método, muy versátil, se ha implementado en gran cantidad de aplicaciones y Tesis Doctorales [Yoldi, 2010] [González, 2008] [Abud, 2005] [Montilla, 2004] [Torres, 2004, b]. Emplea para ello un conjunto de 26 categorías, identificadas nemotécnicamente por las letras del alfabeto latino, cuya representación y definición resumida se presenta en la Tabla 4.3.

Cada letra representa un concepto, una categoría universal del conocimiento o un elemento de un sistema complejo. Para analizar sistemas complejos, el SICU permite realizar combinaciones de dos o más categorías, agrupadas de acuerdo a una sintaxis característica. Con este método se puede determinar cuantitativamente el peso de los conceptos de un documento en conjuntos más o menos complejos. El proceso consiste en asignar las categorías SICU en todos los niveles del documento a analizar, dando un peso al conjunto (por ejemplo, mediante el número de páginas dedicadas a un concepto). El resultado se puede representar mediante un perfil que permite identificar las fortalezas y debilidades, en función de las categorías evaluadas. Para realizar el análisis y evaluación del documento se deben realizar las siguientes tareas:

- Representar y cuantificar cada apartado del documento, incluyendo su puntuación o el número de páginas que dedica.
- Describir, evaluar y asignar categorías SICU abreviadas (simples o dobles) de cada apartado
- Distribuir la puntuación o número de páginas asignadas a cada apartado del documento

Tabla 4.3. Codificación y significado de las categorías SICU

Código	Categorías SICU	Definiciones y conceptos representados dentro de cada categoría
A	<i>Actividad</i>	Cualquier cambio de estado, acción o comportamiento de un ser o sistema, sea espacial o temporal
B	<i>Bases</i>	Fundamentos, causas, objetivos, ciencia, cultura o ideas que soportan a los sistemas o seres naturales
C	<i>Control</i>	Equipos o técnicas para detectar, comparar o marcar el valor o evolución de las propiedades de un sistema
D	<i>Dinero</i>	Recursos económicos aceptados como valor y para intercambios de propiedad de categorías
E	<i>Estado</i>	Descripción instantánea o de la evolución de cualidades, propiedades de un sistema o categoría
F	<i>Física</i>	Propiedades, fenómenos, reglas o principios para explicar o modificar los estados externos de un sistema
G	<i>Geometría</i>	Generación, proyecto, prototipo, diseño, arte, creación o modelo previo a cualquier reproducción
H	<i>Hombre</i>	Personal inteligente participante en una actividad, así como las cualidades y valores humanos
I	<i>Información</i>	Conocimiento, dato o documento capaz de ser almacenado, procesado o intercambiado
J	<i>Juegos</i>	Elementos para diversión, distracción, entretenimiento o motivación del hombre
K	<i>Química</i>	Elementos y reglas para composición, enlace y transformación interna de la materia
L	<i>Lenguaje</i>	Elementos y reglas para enlazar, soportar, expresar y transmitir conceptos, sucesos, argumentos, etc.
M	<i>Material</i>	Sustancia tangible, dotada de composición, masa y volumen
N	<i>Números</i>	Elementos y reglas matemáticas, lógicas o estadísticas etc. para expresar, calcular o predecir la realidad
O	<i>Organización</i>	Entidad, persona jurídica o métodos de gestión de las mismas
P	<i>Productos</i>	Pre-serie, reproducción, gama de productos, o copias resultantes de la repetición económica de un diseño
Q	<i>Calidad</i>	Cualidades o propiedades. Indicador de la aptitud de un sistema para satisfacer los objetivos
R	<i>Relaciones</i>	Vías para conectar e intercambiar flujos con otros sistemas o entre diversas partes de un sistema
S	<i>Sistemas</i>	Ser artificial, equipo o sujeto técnico definido en el interior de una frontera o límite
T	<i>Tiempo</i>	Coordenada o escala para la evolución, indicador de fechas de cumplimiento o plazos
U	<i>Ubicación</i>	Coordenadas o espacios de una, dos o tres dimensiones, para situar y orientar un ser
V	<i>Vida</i>	Seres naturales animados, organismos y elementos biológicos
W	<i>Energía</i>	Capacidad acumulable, procesable y convertible para forzar efectos considerables o daños materiales
X	<i>Exterior</i>	Medio exterior, natural, jurídico o político, como la atmósfera, el mercado, una comarca, etc.
Y	<i>Ley</i>	Acuerdos y disposiciones aceptadas que regulan, ordenan y evalúan derechos, deberes y conductas
Z	<i>Zona</i>	Límites, separadores y enlaces entre las partes de un sistema o del sistema completo con el entorno

- Distribuir la puntuación o número de páginas asignadas a cada categoría, distribuyendo porcentualmente el peso
- Ordenar y agrupar por categorías identificando acumulados.

El método SICU, por tanto, permite cuantificar el peso que cada categoría tiene en el conjunto de un documento en bases a unidades de medida tales como el número de páginas utilizados, determinando las categorías preponderantes, si bien es más potente como herramienta clasificatoria que como vehículo de análisis de las características internas del mismo.

4.2.6 Reflexión

Se constata, por tanto, la existencia de numerosos intentos previos desarrollados para la agrupación de información, siguiendo una estructura sistematizada, completa y capaz de integrar de forma adecuada los contenidos relativos a un determinado equipo metrológico. Queda igualmente patente que los resultados obtenidos no han satisfecho plenamente los objetivos establecidos, por lo que cabría preguntarse cuál ha sido la causa de esta situación. Quizás el problema radica en que, previamente al proceso integrador, hubiera sido necesario realizar una evaluación de documentación que permitiese detectar las carencias, deficiencias y cualquier otra desviación en los contenidos analizados, definiendo posteriormente las actuaciones reparadoras. Este trabajo previo habría supuesto un importante punto de partida ya que habría sentado las bases sobre las que desarrollar el proceso de compilación, sustentado con un adecuado rigor científico, y que será el que se establezca como cimiento de la metodología de la presente Tesis Doctoral.

4.3 Evaluación inicial de documentos

Teniendo en cuenta que el objetivo planteado al inicio de este trabajo es el diseño de una metodología de evaluación de contenidos metrológicos, es necesario tomar como punto de partida el análisis de un conjunto de documentos relativos a un determinado equipo, en cuyo desarrollo se van a poner de manifiesto los rasgos característicos expuestos anteriormente. Con este primer trabajo lo que se pretende es identificar de alguna forma los distintos aspectos que posteriormente van a definir los parámetros de evaluación, ya sea en relación con los contenidos concretos que los distintos documentos recogen, como de aquellos cuya ausencia queda constatada.

La limitación a una única familia de instrumentos se debe a la necesidad de acotar el conjunto de documentos a utilizar, siempre considerando una variedad suficiente y representativa, de forma que la metodología, valoraciones, conclusiones y resultados extraídos puedan ser fácilmente extrapolables, en lo esencial, a otros instrumentos.

La elección del equipo debe estar sustentada en la magnitud del uso de dicho instrumento y en la variedad y cantidad de documentación que sobre el mismo se pueda disponer. En este contexto, se ha optado por elegir el equipo denominado genéricamente *Comparador Mecánico*, uno de los equipos más extensamente utilizados en la práctica habitual dentro del ámbito de la Metrología Dimensional básica.

En cuanto a los documentos a elegir, aunque de forma global la mayor parte de la información puede quedar contemplada en un amplio abanico de documentos existentes, en este trabajo de investigación se va a llevar a cabo un estudio detallado de documentos que han sido desarrollados por organismos españoles altamente competentes en materia de metrología. Se trata por tanto de los documentos más ampliamente utilizados, sirviendo de referencia para la realización de la mayor parte de las actividades en las que dichos equipos intervienen. De esta forma el trabajo se realiza sobre referencias suficientemente robustas para garantizar la fiabilidad de los contenidos evaluados.

Del conjunto de organismos seleccionados, algunos tienen un ámbito de actuación global, centrándose el estudio en aquellos documentos que se encuadran dentro del sector relativo a la metrología dimensional. En contraste, el resto de organismos desarrollan sus actividades en este campo de forma exclusiva. La elección final entre ellos está basada en el hecho de que a estos organismos, y por tanto a los tipos de documentos seleccionados se les presupone un liderazgo y una responsabilidad real, así como un alto nivel de consenso y de utilidad en este campo.

Los documentos seleccionados para el análisis en la presente Tesis Doctoral son los siguientes (en el anexo A se han incluido las portadas e índice de estos documentos):

- 1) Norma UNE 82-310-85: *Comparadores de cuadrante*
(Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR)
[AENOR, 1985]
- 2) Norma UNE EN ISO 463:2006: *Especificación geométrica de productos: Equipos de medición dimensional. Diseño y características metrológicas de relojes comparadores mecánicos* (junto a la UNE EN ISO 463:2006/AC Erratum)
(Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR)
[AENOR, 2006]
- 3) *Proceso de Calibración D-006 para Comparadores Mecánicos*, 2ª Edición
(Sistema de Calibración Industrial, SCI) [SCI, 1993]
- 4) *Procedimiento de Calibración DI-010 para la Calibración de Comparadores*
(Centro Español de Metrología, CEM) [CEM, 2003, a]

5) *Manual de Uso M-DI-002 de Comparadores Mecánicos*
(Centro Español de Metrología, CEM) [CEM, 2004]

6) *Consejos para la Práctica Metroológica, Comparadores*
(Asociación Española para la Calidad, AEC) [AEC, 1989]

En el caso de la normativa, se han seleccionado dos normas españolas en vigor generadas en dos momentos temporales distintos y bastante alejados, lo cual genera diferencias bastante significativas entre ambas. La segunda posee adicionalmente una erratum [UNE-EN ISO 463:2006/AC]. Las normas contienen especificaciones técnicas para el desarrollo de una actividad o producto, que han sido consensuadas entre todas las partes involucradas y pretenden constituir una referencia que establezca los requisitos necesarios para satisfacer los objetivos de calidad y seguridad un determinado producto o servicio.

En cuanto a los Procedimientos y Procesos de Calibración se conciben como guías de apoyo para llevar a cabo la calibración de un equipo de medida. Normalmente se elaboran conforme a normas y recomendaciones específicas y recogen las directrices necesarias para desarrollar las distintas etapas que configuran el proceso de determinación de la incertidumbre asociada a dicho instrumento.

Por su parte, la información que recoge un Manual de Uso tiene como objetivo proporcionar a los usuarios una guía técnica que permita desarrollar de forma adecuada las actividades de utilización, conservación y mantenimiento de los equipos a los que aplica. Tiene un carácter más operativo pero constituye un complemento muy adecuado a los contenidos desarrollados por los procedimientos de calibración, en particular los publicados por el mismo organismo [<http://www.cem.es>].

Finalmente, los Consejos aglutinan contenidos más amplios, en general procedentes de otras publicaciones. Ponen a disposición de los usuarios un manual simplificado que recoge información sobre un determinado tipo de instrumento, de amplio uso en el campo de la metrología dimensional. Los contenidos están referidos no sólo a aspectos relativos a los instrumentos (generales, funcionales y de calibración), sino que describe los fundamentos y la metodología de medida en los que están basados dichos instrumentos.

Como puede apreciarse en las descripciones anteriores, aunque se identifican seis documentos distintos, en realidad podrían encuadrarse en tres grupos bien diferenciados:

- normas
- proceso/procedimiento de calibración
- consejo/manual de uso

Por tanto, el estudio puede realizarse atendiendo a tres tipologías de documentos: normativo, calibración y operativo (Figura 4.1).

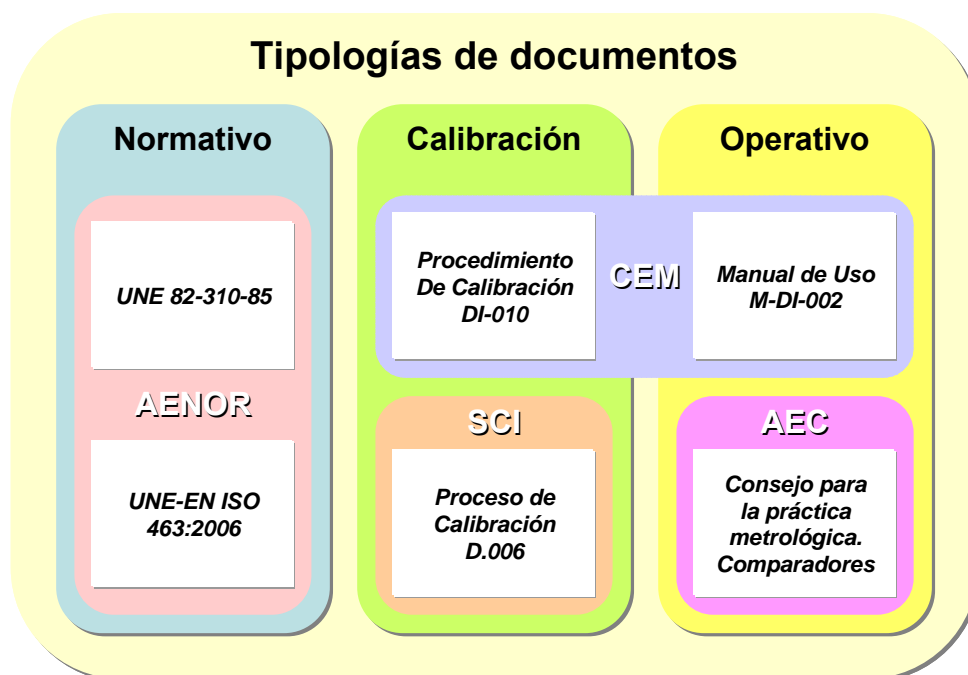


Figura 4.1 Tipología de documentos seleccionados

Por otro lado, con el fin de facilitar su identificación, en adelante se utilizará una codificación de estos documentos, quedando respectivamente como:

- UNE 82-310 [AENOR, 1985]
- UNE-EN ISO 463 [AENOR, 2006]
- PC D-006 SCI [SCI, 1993]
- PC DI-010 CEM [CEM, 2003, a]
- MU-DI-002 CEM [CEM, 2004]
- CPM 14 AEC [AEC, 1989]

Con formato: Numeración y viñetas

Para facilitar la recogida de la información necesaria para realizar el proceso de evaluación de los documentos seleccionados, se diseñó una plantilla con un formato básico, constituida inicialmente por dos únicos apartados, que recogían tanto la identificación del documento como las valoraciones derivadas del estudio desarrollado sobre el mismo.

Sin embargo, a medida que se realizaron las distintas evaluaciones resultó evidente que era posible, y muy conveniente, definir una estructura común de análisis ya que, de forma natural, la evaluación se desarrolla de acuerdo a unos apartados que en su mayoría son de aplicación a todos los documentos, sea cuál sea su tipología. Por tanto, la plantilla inicial se completó incorporando los distintos apartados de evaluación considerados, tal y como se muestra en la Tabla 4.4.

Los registros de cada evaluación particular quedan cumplimentados en su correspondiente ficha de evaluación. La metodología que se empleó en su cumplimentación se basaba en la lectura crítica de cada documento, la búsqueda de información complementaria sobre los mismos y la identificación de fuentes complementarias o relacionadas.

Tabla 4.4 Plantilla de evaluación inicial de documentos

Valoración individual de los documentos analizados		
Tipo:	Identificación	
Título:		
Organismo:	Edición:	Año:
Historia y trazabilidad:		
Léxico:		
Erratas, gramática, estilo:		
Estructura:		
Contenidos:		
Secuencia de contenidos y maquetación del documento:		
Destinatario:		
Otros documentos:		
Observaciones:		

4.4 Resultados de las evaluaciones iniciales

A continuación se procede a relacionar el contenido de las fichas de evaluación de cada uno de los documentos, empleando el formato de ficha descrito en el apartado anterior.

Debe apreciarse que algunas de las valoraciones planteadas pueden tener una componente lógicamente subjetiva, dadas las características de la metodología aplicada.

Tabla 4.5 Evaluación inicial de la norma UNE 82310:1985

Valoración individual de los documentos analizados		
Tipo:	normativo	Identificación UNE 82-310
Título:	UNE 82-310-85: <i>Comparadores de cuadrante</i>	
Organismo:	AENOR	Edición: - Año: 1985
Historia y trazabilidad:		
<p>La norma data de noviembre de 1985 (Fecha de edición: 1985-11-15) y está publicada por el IRANOR (Instituto Español de Normalización) perteneciente al Ministerio de Educación a través de su vinculación al CSIC (recuérdese que el inicio de las actividades de AENOR data del 1986-02-26). Así que la edición de esta norma corresponde a una de las últimas actuaciones del extinto IRANOR.</p> <p>La trazabilidad de esta norma viene dada por la DIN 878:1983, dato curioso cuando ya existía la recomendación internacional ISO/R 463:1965 "Dial gauges reading in 0.01 mm, 0.001 in y 0.0001 in". A efectos de explicar esta circunstancia se formulan las dos causas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El documento ISO no había pasado de ser una "recomendación" pese a que llevaba publicado casi 20 años cuando se tomo la decisión de cómo elaborar la UNE 82310. Por tanto se podían tener reticencias sobre el por qué no había sido aprobado como "norma ISO" a lo largo de un periodo tan dilatado. - Por los primeros años 80 las comisiones de IRANOR –al menos en el campo de la Ingeniería de fabricación- estaban dominados por miembros de las empresas públicas o semipúblicas (CETME, ENASA, SEAT, Santa Bárbara, ENOSA, CASA, INTA, ...), así como por antiguos miembros de las comisiones de las normas CETA y de instituciones militares. Estos miembros defendían la teoría de que las normas debían ser más tecnológicas y contener un mayor nivel de detalle técnico que los documentos ISO y –por ello- eran fieles seguidores de la normativa alemana, francesa e italiana. <p>Evidentemente, en este caso pudieron haber coincidido ambas causas.</p> <p>Por último, indicar que aunque la norma UNE 82310:1985 continúa vigente, el 20 de septiembre de 2006 se editó la norma UNE-EN ISO 463:2006 "Especificación geométrica de productos (GPS). Equipos de medición dimensional. Diseño y características metrológicas de relojes comparadores mecánicos" que actúa en su mismo campo y que proviene de las normativas internacionales ISO y EN. A tener en cuenta que en esta última norma no se referencia la UNE 82310:1985.</p>		
Léxico:		
<p>1.- Sólo analizando el título de la norma se aprecia que la denominación dada al objeto del trabajo; esto es a los instrumentos "comparadores mecánicos", se realiza desde la designación de "comparadores de cuadrante", lo cual parece que es una traducción directa del término inglés "dial gauges" de empleo ampliamente generalizado. Ahora bien, según el Diccionario Collins la traducción de "dial" cuando se refiere a un instrumento puede ser "esfera" o "cuadrante". Se entiende que si se emplea "esfera" –al igual que en los relojes- se está considerando que el indicador analógico puede desplazarse a lo largo de una circunferencia completa, sobre la que –incluso- puede dar varias vueltas. Este es el caso de los comparadores más comunes y, en concreto, de los mostrados en las figuras 1 y 2 de la norma UNE considerada. Por su parte hay algunos comparadores especiales cuyo dial se desplaza únicamente a lo largo de un sector circular que, aproximadamente, puede ser identificado con una cuarta parte de círculo (cuadrante); pero ello solamente tiene lugar en ciertos instrumentos especiales de la familia que no están considerados explícitamente en la norma. De hecho, en el apartado 1 de la norma se indica que los "comparadores milésimales de precisión" se considerarán en la norma UNE 82312; documento que nunca llegó a publicarse.</p>		

Para recalcar aún más lo anterior, en el apartado 2.1 se expresa que la aguja indicadora “se desplaza delante de una escala circular graduada a lo largo de toda la circunferencia”. Además el apartado 4.3 de denomina “esfera graduada”, denominación que también se utiliza en la figura 1.

Sin embargo y pese a lo anterior, en el texto de la norma hay referencias a instrumentos cuya escala no completa una circunferencia. Ello se tiene en el párrafo cuarto del apartado 4.4 y en la primera línea de la tabla 1; ya que si la circunferencia tiene 50 ó 100 trazos, con división de escala centesimal un campo de medida de 0,4 mm no completa una vuelta e igual situación se tiene con 100 trazos y campo de medida de 0,8. En alguno de estos casos -sobre todo en el de 100 trazos y 0,4mm de campo de medida- el instrumento sería de “cuadrante” en sentido estricto.

- 2.- Ya en el apartado 1 se hace referencia al término “precisión” y en el desarrollo de la norma se consideran diversos “errores”. Ahora bien si se tienen en cuenta las definiciones dadas en las normas UNE 82009-1998/99 (ISO 5725-1994) debería haberse empleado el término “exactitud”, ya que los errores f_e , f_b , f_{total} y f_U no comportan reiteraciones en las medidas, sino más bien evalúan la “veracidad”, mientras que por su parte la “repetibilidad” f_w (apartado 2.5 de la norma) sí correspondería a una evaluación de la “precisión” en el sentido de la normativa UNE 82009/ISO 5725.
- 3.- En los apartados 2 y 5 se emplea sistemáticamente el término “error” cuando posiblemente sería más correcto el de “desviación máxima” (o también los de “diferencia máxima” o “discrepancia máxima”). Sin embargo llama la atención que en el caso de la “repetibilidad” no se emplee el término de “error de repetibilidad” cuando también se expresa como “la diferencia entre el valor mayor y el menor”. Si tal como se define la “repetibilidad” es una magnitud con el mismo carácter que las que se han denominado “errores” ¿por qué no se la denomina a ella también como error? Por otra parte indicar que la “repetibilidad” sin más suele ser más comúnmente expresable en términos de “desviación típica” (o de “varianza”) que de “recorrido máximo”.
- 4.- En el apartado 4.3 llama “valor de la escala” a la “división de escala”. También al final del apartado 4.3 (ante penúltima y penúltima frases) el texto no se entiende bien. Parece ser que querría decir: “Los trazos que correspondan a valores más significativos de la escala (p.e.: a múltiplos de 5 ó de 10) deben ser de mayor longitud. La distancia mínima entre trazos debe ser de 1 mm”.
- 5.- En el apartado 5 se llama “comprobación” a lo que pudiera constituir un “procedimiento de calibración” encubierto. Si bien una vez llevado a cabo se puede “comprobar” si el comportamiento metroológico del instrumento permite su ubicación en la calidad 1, en la calidad 2 o en ninguna de ambas. De ahí puede provenir el término de “comprobación” aunque se trata de una denominación que no resulta usual en la práctica metroológica. Debe advertirse que el apartado 5.1 hace una referencia a las “calibraciones periódicas”, por lo que podría entenderse que la “comprobación” sería la operación que se realiza para “homologar” el instrumento en el control final de su fabricación o en el control de recepción del mismo. En la última frase del apartado 5.6 se emplea el término “ensayar” en lugar del de “comprobar” (o del de “calibrar”).
- 6.- Como se indica más adelante, se emplean designaciones incorrectas de patrones metroológicos: “bloques calibres” en lugar de “bloques patrón longitudinales”, “pesas” en vez de “masas patrón”, etc.

Erratas, gramática, estilo:

- Página 2, apartado 4.1: Se emplea por única vez en todo el documento un verbo en tiempo futuro.
- Página 2, apartado 4.1: “degradarse” no parece un término de empleo conveniente
- Página 5, apartado 4.4: “sobrerrecorrido” no parece un término de empleo conveniente.

Estructura:

La norma UNE 82310:1985 se estructura en los siguientes apartados:

- 1 Objeto y campo de aplicación
- 2 Definiciones
- 3 Dimensionado
- 4 Requisitos
- 5 Comprobación
- 6 Recomendaciones
- 7 Correspondencia con otras normas

Se echa en falta una clasificación de los “comparadores de cuadrante” e incluso la indicación de los tipos concretos de comparadores que son objeto de normalización en el documento. Sin embargo la norma contiene –al menos implícitamente- algunos contenidos de carácter clasificatorio, tales como los siguientes:

- Comparadores con y sin protección contra golpes y comparadores con protección contra el agua y estancos al agua [Apartado 1]
- Comparadores con divisiones de 0,01 (campo de medida hasta 10 mm)/ Comparadores con divisiones de 0,001 mm (campo de medida hasta 5 mm) [Apartado 1 y Tabla 1]
- Comparadores de cuadrante/ Comparadores milésimales de precisión [Apartado 1]
- Comparadores de esfera de Ø60 mm/ de esfera de Ø40 mm [en las figuras 1 y 2]
- Comparadores con campo de medida hasta 3 mm/ Comparadores con campo de medida mayor de 3 mm y hasta 10 mm [Tabla 2]
- Comparadores con campo de medida mayor de 1 mm deben llevar totalizador de vueltas/ Comparadores con campo de medida menor de 1 mm, sin totalizador [Apartado 4.5]
- Comparadores según campo de medida:

Milésimales	Centesimales
2 mm	0,4 y 0,8 mm
5 mm	3 mm
	5 mm
	10 mm

- Comparadores mecánicos según calidad:
 - Calidad 1 UNE 82310:1985
 - Calidad 2 UNE 82310:1985
 - Fuera de calidad UNE 82310:1985

Contenidos:

1.- En el apartado 1 establecen como contenidos de la norma:

- Fijar las características dimensionales
- Fijar las características funcionales
- Recomendaciones sobre las características de precisión

Al respecto cabe indicar que, *a priori*, resulta claro lo que es “fijar las características dimensionales y funcionales” de un instrumento de metrología dimensional; si bien no queda en absoluto definido lo que es “dar algunas recomendaciones sobre las características de precisión”.

2.- En coherencia con lo anterior, la norma tiene los siguientes apartados de desarrollo de contenidos:

- **Apartado 3 DIMENSIONADO:** Se entiende que en este apartado se va a desarrollar el “fijar las características dimensionales” de los comparadores.
- **Apartado 4 REQUISITOS:** Se entiende que en este apartado se va a desarrollar el “fijar las características funcionales” de los comparadores.
- **Apartado 5 COMPROBACIÓN:** Se entiende que en este apartado se van a dar “recomendaciones sobre las características de precisión” de los comparadores.

Pues bien, sobre los contenidos reales de cada uno de estos tres apartados se tienen los comentarios desarrollados en los puntos siguientes.

3.- El apartado **3 DIMENSIONADO** sí da los croquis preferentes y las dimensiones límites para los instrumentos de este tipo; si bien al decir en su primera frase que “El comparador de cuadrante no tiene que ser forzosamente igual al representado en las figuras 1, 2, y 3; solamente deberán mantenerse las medidas indicadas” deja un amplio margen de indefinición a estos instrumentos. Quizás lo único importante a nivel tecnológico de este apartado sean las acotaciones de la punta del palpador y del alojamiento de ésta en el propio palpador, así como que su diámetro recomendado sea de 4 mm y que el agujero de la caja del instrumento para el alojamiento del vástago de sujeción sea 8H7. Ello garantiza la intercambiabilidad de los vástagos, palpadores y puntas de palpador, lo que favorece la reparación, sustitución de piezas y la gestión de los recambios.

También establece la dimensión 8h6 para el diámetro del vástago, lo que resulta de importancia a la hora de seleccionar soportes de comparador u otro utillaje de sujeción y posicionamiento del instrumento.

4.- El apartado **4 REQUISITOS** contiene información de muy diversa índole, ya que comprende:

- Características dimensionales y constructivas del palpador (se opina que éstas características podrían haber sido suministradas en el apartado 3 de la norma)
- Características constructivas y funcionales del instrumento: Cómo debe ser la superficie de la esfera, cómo deben ser los trazos de la escala y su separación mínima; cómo debe ser la aguja indicadora, la escala giratoria y el contador de vueltas; y cuál debe ser la fuerza media, así como sus valores máximos y mínimos y el margen de inversión.
- Calidades del instrumento según su comportamiento metroológico. Se establecen dos calidades (calidad 1 ó de laboratorio y calidad 2 ó de taller) y se facilita una tabla con los valores máximos admitidos para los “errores” definidos en el apartado 2 de la norma a efectos de la “comprobación” del instrumento según las calidades 1 ó 2.

5.- En el apartado **5 COMPROBACIÓN** se lleva a cabo una especie de “procedimiento de calibración” del instrumento. Esto es, se definen los experimentos de laboratorio para la determinación de los “errores” definidos en el apartado 2 de la norma: f_e , f_t , f_w , f_{total} y f_u ; así como la fuerza de medida y el margen de inversión de dicha fuerza.

También establece los instrumentos a emplear en las operaciones de comprobación, a saber:

- Para parámetros dimensionales: aparatos especiales de comprobación de comparadores (se refiere a "bancos de verificación de comparadores"), micrómetros, bloques calibres (se refiere a "bloques patrón longitudinales" y el error en la denominación proviene de la traducción literal del término inglés "gauge blocks").
- Para la medición de fuerzas: dinamómetros, pesas (¿masas?) o balanzas de resortes.

También se establece que el "límite del error" de los aparatos empleados en la comprobación de comparadores sea "como máximo del 10% de las desviaciones admisibles del comparador a ensayar".

6.- La condición anterior sobre las características metroológicas de los aparatos de comprobación es inexacta y ambigua; al respecto caben dos maneras alternativas de formularla:

- Que la división de escala del aparato de comprobación sea de, al menos, un orden de magnitud menor que la del comparador a comprobar (alternativa técnica, de aplicación inmediata y *a priori*)
- Que la incertidumbre del aparato de comprobación sea de, al menos, un orden de magnitud menor que la del comparador a comprobar (alternativa metroológica, de aplicación más compleja)

7.- Según lo anterior, debe entenderse que en la "comprobación" de comparadores centesimales se emplea un banco de verificación de comparadores (o un micrómetro) milesimal y que las lecturas que posibilitan construir las gráficas de las figuras 4 y 5 vienen expresadas en micrómetros (μm); mientras que en la comprobación de comparadores milesimales el aparato de comprobación debe ser diezmilesimal y por ello los gráficos de las figuras 4 y 5 deberán tener graduado su eje de ordenadas según una escala de décimas de micrómetro, si bien a la hora de expresar los "errores" y la "repetibilidad" y al entrar en la tabla 1 se redondeen dichos valores a micrómetros.

Como puede apreciarse todo lo anterior parece bastante correcto, ahora bien hay una asimetría importante ¿cómo es que los "errores" y la "repetibilidad" de los comparadores milesimales se expresan en valores enteros de su división de escala (esto es, en μm), mientras que en el caso de los centesimales se expresan en décimas de su división de escala (también en μm)? Lo suyo sería que en el caso de los comparadores centesimales la tabla 1 sólo tuviera valores enteros en centésimas o –en el límite– enteros en medias centésimas.

8.- Se añade un sexto apartado denominado **6 RECOMENDACIONES** que da una serie de consejos para la correcta utilización de los comparadores; si bien se mezclan consejos para evitar la mala utilización del instrumento (que no se atasque el vástago, no engrasar el palpador, ...) con indicaciones metroológicas para la selección de la geometría del extremo de los palpadores (esférico para actuar sobre superficies planas y en forma de cuchilla para el caso de superficies cilíndricas)

9.- El apartado **7 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS** sólo se cita la norma DIN 878, sin indicación de su título no de su fecha de publicación.

Secuencia de contenidos y maquetación del documento:

Las principales deficiencias de secuenciación de contenidos advertidas son:

- 1.- Excepto lo contenido en el apartado 2.1, el resto de las definiciones parece que se desarrollan demasiado pronto, sin haber completado la fase descriptiva ni las características dimensionales ni funcionales del instrumento. De hecho desde los apartados 2.3 y 2.4 se hace referencia a la figura 4 que está en la antepenúltima página.
- 2.- Las definiciones dadas en los apartados 2.2 a 2.6 podían haberse dado en el apartado 5, ya que hasta ese apartado no se utilizan ni se citan (salvo en el apartado 4 y en la tabla 1)

3.- Parte de los contenidos del apartado 4 y las tablas 1 y 2 deberían ir situados después de los contenidos del apartado 5. La idea es que la secuencia lógica sea:

definición de un parámetro → descripción de cómo se determina → acotación de sus valores máximos y establecimiento de las “calidades”

Las principales deficiencias de maquetación del documento son:

1.- Las figuras 1,2 y 3 deberían ir a continuación del apartado 3, sin embargo lo hacen a continuación del apartado 4.2, cuya última frase está inmediatamente antes de la figura 1 pero hace referencia a la tabla 1.

2.- La tabla 2 también podría haberse situado más próxima al apartado 4.2 que es el que la cita.

Destinatario:

Cuando se utiliza y analiza una norma, quizás la cuestión más importante a discernir es el “sujeto” hacia el que va dirigido el documento normalizador. En el caso de la norma UNE 82310 parece que es una norma dirigida a los fabricantes de comparadores y las especificaciones establecidas –tanto dimensionales, como funcionales y de precisión- parece que resultan apropiadas tanto para el control final de fabricación de comparadores, como para el control de recepción de los mismos o de sus componentes.

Por tanto esta norma resulta de bajo interés en la actividad ordinaria de los laboratorios de metrología dimensional, aunque con la información contenida en la norma –debidamente ordenada y procesada- se pueden obtener contenidos de interés para la calibración de estos instrumentos.

Otros documentos:

Como ya ha sido indicado, en 1965 fue publicada la recomendación ISO/R 463:1965 “Dial gauges reading in 0.01 mm, 0.001 in y 0.0001 in”, que recientemente ha sido sustituida por la norma ISO 463:2006 “Geometrical Product Specifications (GPS)- Dimensional measuring equipment- Design and metrological characteristics of mechanical dial gauges” -con la “corrigenda” ISO 463:2006/Cor 1:2007-.

Esta norma internacional ha sido transpuesta a varias normalizaciones nacionales, entre ellas se tienen:

- La norma española UNE-EN ISO 463:2006 “Especificación geométrica de productos (GPS). Equipos de medición dimensional. Diseño y características metrológicas de relojes comparadores mecánicos” y su “corrigenda” UNE-EN ISO 463:2006/AC “Especificación geométrica de productos (GPS). Equipos de medición dimensional. Diseño y características metrológicas de relojes comparadores mecánicos. Erratum 1:2007”
- La norma francesa NF EN ISO 463:2006 “Spécification géométrique des produits (GPS)- Instruments de mesurage dimensionnel: comparateurs mécaniques à cadran- Caractéristiques de conception et caractéristiques métrologiques”
- La norma italiana UNI EN ISO 463:2006 “Specifiche geometriche dei prodotti (GPS)- Apparecchiature per misurazioni dimensionali- Caratteristiche di progettazione e caratteristiche metrologiche dei comparatori meccanici a quadrante”.

Por su parte la normativa alemana ha publicado en junio de 2006 una nueva norma DIN 878 que sustituye a la de 1983 y que se enmarca –al igual que la ISO-en la familia de normas GPS, su denominación en inglés es: DIN 878 “Geometrical Product Specifications (GPS)- Mechanical dial gauges- Limits for metrological characteristics”. Apréciase que esta norma no parece que haya adoptado directamente el texto de la ISO 463:2006, dado que no emplea la numeración ISO de la norma ni se acoge a la triple designación DIN EN ISO.

Observaciones:

- No distinga tipos de comparadores de acuerdo a características constructivas
- Distingue dos tipos de comparadores según precisión:
 - 0,001 mm
 - milésimas de precisión
- Cuando habla de repetibilidad, la cuantifica como una diferencia entre valores límite. El glosario de términos de la AECC, cuando definía el término *dispersión*, indicaba que una forma de estimarlo era como una diferencia entre el valor máx y el mín.
- Es muy restrictiva en algunos aspectos constructivos, ya que fija determinados parámetros (p.e. alojamiento del vástago 8H7)
- Clasificar los equipos en dos calidades permite, al igual que en los BPL, establecer la "Conformidad con especificaciones", identificando una clase de calidad para el equipo, pero sin determinar la incertidumbre asociada al mismo, lo cual supondría un trabajo mucho más laborioso.
- Parte del apdo. 4.3 está mal ubicado, ya que corresponde a características constructivas y no funcionales.
- Sí existe la DIN EN ISO 463 (2006-06), y la corrección de 2007
- Existe también una DIN 879, con varias partes, una de las cuales ha sido revisada en 2008.

Tabla 4.6 Evaluación inicial del proceso de calibración SCI D-006:1993

Valoración individual de los documentos analizados		
Tipo:	Calibración	Identificación PC D-006 SCI
Título:	Proceso de Calibración D-006 para Comparadores Mecánicos	
Organismo:	SCI	Edición: 2ª Año: 1993
Historia y trazabilidad:		
<p>El "Proceso de calibración D-006 para comparadores mecánicos D-03.01" del Sistema de Calibración Industrial (SCI) fue publicado, en su primera edición, en diciembre de 1985. Este proceso de calibración fue objeto de revisión, publicándose una segunda edición en enero de 1993.</p> <p>Su trazabilidad proviene de la "Clasificación de instrumentos de metrología dimensional" (1ª edición de 1984) de la que se extrae el nombre y la numeración de la familia de instrumentos que comprende; esto es:</p> <p style="text-align: center;">"comparadores mecánicos" y "D-03.01"</p> <p>Poco más respecto a la trazabilidad específica de los "comparadores mecánicos", dado que ni siquiera se referencia la norma UNE 82310 "Comparadores de cuadrante" coetánea del proceso de calibración (dicha norma fue publicada el 15 de noviembre de 1985).</p> <p>Podría decirse, en descargo del proceso de calibración, que la proximidad de fechas entre su edición y la de la norma impidió que se dispusiera de ella a tiempo para que pudiera ser referenciada, pero en el apartado 6. BIBLIOGRAFÍA del SCI-D-006 se referencia el "proyecto de norma española" PNE 4041 "Bloques patrones". Ello demuestra que si se hubiera querido podría haberse referenciado –al menos como documento en fase de proyecto.</p> <p>Los plazos de elaboración de una norma posibilitan su conocimiento previo en estado de Proyecto de Norma, siempre y cuando se sea miembro del correspondiente CTN, cosa que parece ocurrir aquí, dado que se ha referenciado al PNE 4041.</p> <p>Tampoco se referencia en el SCI-D-006 ningún documento normalizador internacional o extranjero, tales como la norma DIN 878:1983, ni la recomendación internacional ISO/R 463:1965 "Dial gauges reading in 0.01 mm, 0.001 in y 0.0001 in".</p> <p>Nota: La verdad es que el/los autor(es) del SCI-D-006 debía/n estar algo desinformado/s, ya que el proyecto de norma PNE 4041 no llegó a pasar de proyecto y cuando se publicó el SCI-D-006 ya se había editado la norma UNE 82311:1985 "Bloques patrón" (su fecha de edición es el 15 de octubre de 1985), que en el año 2000 fue sustituida por la actualmente vigente UNE-EN ISO 3650:2000 "Especificación Geométrica de Productos (GPS). Patrones de longitud. Bloques patrón"</p>		
Léxico:		
<ol style="list-style-type: none"> 1.- La designación de "comparadores mecánicos" dada a la familia de instrumentos objeto del SCI-D-006 parece correcta y coincide –como resulta natural- con la de la "Clasificación de instrumentos de metrología dimensional" del Ministerio de Industria y Energía (MINER). Se trata de una denominación muy general, que abarca a un amplio tipo de instrumentos que comparten un buen número de características metrológicas y constructivas. 2.- En general la nomenclatura empleada en el SCI-D-006 es correcta y precisa; y los términos metrológicos (tales como "campo de medida", "división de escala", "incertidumbre", "factor de incertidumbre", "calibración", "proceso de calibración", ...) están adecuadamente empleados. 3.- La utilización de las expresiones "sentido de palpado", "sentido creciente" y "sentido decreciente" resultan más apropiadas que las empleadas en la norma UNE 82310:1985 de "palpador entrando" y "palpador saliendo". 4.- Sin embargo, el empleo del término "medida directa" en el apartado 3 (al principio del apartado y 		

en la segunda línea de la página 2) es, cuando menos, ambigua y su empleo totalmente desaconsejable. En efecto, el comparador no es un instrumento de “medida directa” si como tal se entiende que su aplicación al mensurando produce directamente como resultado de la medida la evaluación de dicho mensurando. Se trata de un instrumento que realiza medidas “por comparación” (de ahí su nombre) y como tal se basa en los principios de la “medición indirecta”.

- 5.- Se emplean correctamente los términos “desviación” y “repetibilidad” para indicar, respectivamente, “la diferencia entre el nominal del patrón/banco y el valor medido en cada punto (corrección de calibración)” y “la dispersión de los valores en la medición reiterada (5 reiteraciones) en un mismo punto del campo de medida, realizada bajo condiciones de repetibilidad”. Ahora bien, cabe indicar que la “repetibilidad” sin más suele ser más comúnmente expresable en términos de “desviación típica” (o de “varianza”) que en términos de “rango” o “recorrido”.

En realidad, no se debe mezclar los términos de corrección y desviación, ya que uno es el opuesto del otro. La terminología del PC induce a un cierto despiste ya que induce a simbolizar las desviaciones como Δx , pudiendo parecerse a la corrección de calibración. De hecho si esto es importante en algún instrumento, lo es especialmente en el caso de los comparadores, ya que las lecturas que se realizan en su calibración son precisamente las desviaciones, mientras que los valores que se deben ofrecer en los certificados de calibración son las correcciones. En resumen:

Corrección = Valor de referencia – Lectura en la calibración

Desviación = - Corrección = Lectura en la calibración – Valor de referencia

Magnitud = Lectura + Corrección = Lectura + Valor de referencia – Lectura en la calibración.

6. El empleo del término “diferencia” (p.e.: en la página 4) para indicar el parámetro que proporciona los valores máximos entre pico y valle en las gráficas de desviaciones, no resulta muy nemotécnico. Si bien no parece erróneo, tampoco “describe” con claridad lo que viene a significar. Posiblemente añadiendo la palabra “máxima” su significado quedaría más claro.

Erratas, gramática, estilo:

- Página 4, línea 7: Donde pone “Diferencial” debe poner “Diferencia”
- Página 6, línea 10: Falta “o un al cuadrado en l” o “una raíz cuadrada sobre el término de la derecha”
- Apartado 3.2 (título y figura1): Falta “de vidrio”, ya que se trata de patrones de planitud “de vidrio”, tal como reza el título del Proceso de Calibración SCI-D-06.04
- En algunas expresiones matemáticas –como por ejemplo en la segunda fórmula de la página 6- y en la estimación de la incertidumbre de los patrones de la página 7, resultaría más correcto emplear el símbolo “ \leq ” que el “=”
- Página 8, primera línea: En lugar de “curvas de correcciones de calibración” debería poner “gráficas de correcciones de calibración”
- Página 8, apartado 4, línea 2: Debería quitarse la palabra “estadístico”
- Página 11, tabla 6, columna 1: En lugar de la palabra “diferencias” debería haberse puesto “desviaciones”

Estructura:

El SCI-D-006 se estructura en los siguientes apartados:

1. Campo de aplicación
2. Identificación
3. Procesos de calibración

4. Resultados de la calibración
5. Periodos de calibración
6. Bibliografía
7. Ejemplos

Se echa en falta una clasificación de los “comparadores mecánicos” e incluso el establecimiento de los tipos de comparadores mecánicos objeto del SCI-D-006. Tampoco se desarrolla ningún tipo de descripción de estos instrumentos.

En descargo de lo anterior cabe indicar que el proceso está vinculado a la publicación “Clasificación de instrumentos de metrología dimensional” del MINER y que ésta ya describe de alguna manera –al menos presenta imágenes y croquis- los instrumentos de esta familia.

No obstante, se insiste en la necesidad de acotar los tipos de instrumentos objeto del SCI-D-006, de hecho el propio documento –en los apartados 7.1 y 7.2- completa la denominación básica del instrumento con la palabra “recto”, con lo que designa al citado instrumento como “comparador mecánico recto”. Surge la cuestión de que los habrá “no rectos” y de que esta matización constructiva puede influir en la selección del proceso de calibración o en la operativa del mismo.

También se insiste en la falta de algún tipo de clasificación de estos instrumentos, sobre todo teniendo en cuenta que a lo largo de los contenidos del SCI-D-006 se tienen algunas clasificaciones implícitas, tales como las siguientes:

- Comparadores mecánicos rectos/ de palanca [Tabla 2]
- Comparadores con mecanismo de deformación elástica /Comparadores con otros tipos de mecanismo (elástico o de lámina arrollada) [Apartado 7.2]
- Comparadores con mecanismo de engranajes/ Comparadores con mecanismo de palanca /Comparadores con otros tipos de mecanismo (elástico o de lámina arrollada)
- Comparadores según división de escala (mm):

0,001	0,002	0,005	0,01	0,05
-------	-------	-------	------	------

- Comparadores con división de escala mayor que 0,01 mm/ Comparadores con división de escala entre 0,01 (inclusive) y 0,001 mm (inclusive)/ Comparadores con división de escala entre 0,0001 mm (inclusive) y 0,001 mm (exclusive) [Tabla 3]
- Comparadores rectos según campo de medida:

Milesimales	Centesimales
0,08 mm	0,8 mm
0,081 ÷ 1 mm	0,81 ÷ 3 mm
1,001 ÷ 2 mm	3,01 ÷ 5 mm
> 2 mm	5,01 ÷ 10 mm
	> 10 mm

- Comparadores mecánicos según calidad:
 - Calidad 1 SCI-D-006
 - Calidad 2 SCI-D-006
 - Fuera de calidad SCI-D-006

Contenidos:

1.- En el apartado **3. PROCESOS DE CALIBRACIÓN** se definen 4 tipos de procesos distintos para la realización de la calibración a instrumentos comparadores mecánicos. Tales 4 tipos de procesos de calibración son:

1. Método general de calibración de cualquier instrumento de medida (en experiencias de muy alto nivel)
2. Calibración con banco de verificación de comparadores D03.08 (para comparadores con D (división de escala) $\geq 0,001$ mm)
3. Calibración con bloques patrón longitudinales D-01.02 y patrón de planitud (¿de vidrio?) D-06.04 (para comparadores con $0,0001 \leq D < 0,001$ mm (valores normales D = 0,1; 0,2; 0,5 μm))
4. Calibración con máquinas medidoras de coordenadas D-02.04 a D-02.07 (para comparadores centesimales con campo de medida elevado)

Sin embargo el primero de los métodos se expone de una manera resumida y bastante ambigua, desaconsejándose su empleo al considerarlo "prácticamente irrealizable" y sólo "en experiencias de muy alto nivel". De los restantes métodos, se recomiendan los arriba indicados como 2 y 3, mientras que el 4 sólo se considera como método alternativo al 2 cuando el instrumento a calibrar tenga un campo de medida que sobrepase la capacidad del banco de verificación de comparadores disponible.

Realmente podrían haberse organizado estos cuatro métodos de la siguiente forma:

- Métodos basados en el empleo de un aparato de medición de desplazamiento continuo del palpador:
 - Con banco de verificación de comparadores
 - Con máquina medidora de coordenadas
- Métodos basados en el empleo de bloques patrón longitudinales para constituir patrones con valores discretos:
 - Con bloques patrón longitudinales empleados individualmente, patrón de planitud y soporte de comparador (o con bloques patrón y dispositivo especial de sujeción y posicionamiento del comparador)
 - Con bloques patrón longitudinales en montaje "en escalera" sobre patrón de planitud y soporte de comparador

2.- Como se ha indicado antes, se expresa que el método 1 (el expuesto en la primera parte del apartado 3) "es prácticamente irrealizable" cuando podría resultar el más barato y sencillo. Bastaría con utilizar un utillaje especial de sujeción del comparador o una mordaza especial para el posicionamiento de los bloques patrón. El primero podría ser un dispositivo similar a un "banco de comparación de bloques patrón" tal como el empleado para la calibración de bloques de grado 1 a partir de bloques de grado K y el segundo podría estar básicamente constituido por una mordaza en forma de "U" en uno de cuyos extremos se monta el comparador mientras que el otro plano se emplea para posicionar los bloques patrón.

3.- En el método 2 (apartado 3.1 del SCI-D-006) se establecen dos tipos de calibración: la completa (A) y la reducida (B); y se diferencia claramente los ensayos de determinación de las "desviaciones" y los de cálculo de la "repetibilidad"

4.- En el apartado 3.2 se emplean calidades de bloques patrón basados en la inexistente (y posiblemente *no nata*) PNE 4041; es decir, se habla de bloques de calidad 00 con $I_0 = 0,002 \mu\text{m}$ y de calidad 0 con $I_0 = 0,05 \mu\text{m}$ (donde I_0 es el intervalo o división de escala).

5.- Se considera adecuado que se indique la temperatura de calibración, de $20 \pm 1^\circ\text{C}$

6.- Se considera favorablemente que se incluyan dos ejemplos y que correspondan a dos situaciones

de calibración diferentes y además las más frecuentes. Hubiera sido interesante que en ambos ejemplos se hubieran incluido los gráficos de correcciones de calibración, ya que a partir de ellos se aprecian, de una manera muy sencilla y visual las “diferencias”.

- 7.- Un problema metrologico que se aprecia en los contenidos del procedimiento de calibración es que, en todos los casos, se deberían obtener las tablas de “desviaciones”, “diferencias” y “repetibilidades”; así como estimar las incertidumbres de una manera idéntica. Resulta viable mediante los cuatro métodos y no queda justificado que el tratamiento más completo y riguroso esté únicamente contemplado en el caso de calibración con banco de verificación de comparadores. En la actualidad y con el adecuado programa informático, puede darse a todos los métodos el mismo tratamiento y llegar a los mismos tipos de resultados.

Secuencia de contenidos y maquetación del documento:

Las principales deficiencias de secuenciación de contenidos advertidas son:

- 1.- No se entiende cómo contenidos generales se aplican sólo al método de calibración más frecuente (el del apartado 3.1 del SCI-D-006). En efecto, los dos tipos de calibraciones A(completa) y B(reducida) deberían afectar a todos los métodos y no solamente al realizado con banco de verificación de comparadores. Lo mismo sucede con la consideración de los dos niveles de calidad (1 y 2) para los comparadores. También el único apartado en el que se definen las “desviaciones” y las “diferencias” es el 3.2.

Las principales deficiencias de maquetación del documento son:

- 1.- En consecuencia con lo anterior, las tablas 1 y 2 deberían estar ubicadas en un apartado común a todos los métodos de calibración (tal como sucede con la Tabla 3 que tiene validez general, independientemente del método empleado)

Destinatario:

Va dirigido a los responsables de la actividad metrologica, bien a los que la realizan como a los que la auditan. Del documento, cada responsable de laboratorio –y para cada instrumento concreto- deberá seleccionar el proceso concreto a emplear y completar lo contenido en el SCI-D-006 con instrucciones operativas y metrologicas complementarias.

Otros documentos:

UNE 82310:1985 “Comparadores de cuadrante”

ISO/R 463:1965 “Dial gauges reading in 0.01 mm, 0.001 in y 0.0001 in”

ISO 463:2006 “Geometrical Product Specifications (GPS)- Dimensional measuring equipment- Design and metrological characteristics of mechanical dial gauges” (con la “corrigenda” ISO 463:2006/Cor 1:2007)

DIN 878 “Geometrical Product Specifications (GPS)- Mechanical dial gauges- Limits for metrological characteristics”

NF EN ISO 463:2006 “Spécification géométrique des produits (GPS)- Instruments de mesurage dimensionnel: comparateurs mécaniques à cadran- Caractéristiques de conception et caractéristiques métrologiques”

UNI EN ISO 463:2006 “Specifiche geometriche dei prodotti (GPS)- Apparecchiature per misurazioni dimensionali- Caratteristiche di progettazione e caratteristiche metrologiche dei comparatori meccanici a quadrante”

Observaciones:

- Se estima que la consideración de las clases de calidad 1 y 2 proviene de la norma 82310 (aunque no la nombre), de otro documento anterior, o simplemente es casualidad.

- Algunos de los parámetros que identifica son los mismos que en la UNE 82310, pero con tolerancias distintas:

- $D_2 = f_{total}$
- $D_3 = f_u$
- $R = f_w$

Están más desglosados los campos de medida y en general, son más restrictivas las tolerancias establecidas.

- Se supone que la utilización de "I" para identificar la incertidumbre es propio de los autores, ya que no se menciona en las referencias bibliográficas ningún documento específico relativo al cálculo de incertidumbre. En realidad es previo a la GUM, por lo que aún no había una directriz unificada.

- En la versión de 1993 se indica que la expresión $I = I_0^2 + D_2^2 + R^2$ (aunque sigue estando incorrectamente expresada) es la que se utiliza para el cálculo de incertidumbre, de forma general, y no como en la versión del 85, que sólo se aplicaba si el equipo quedaba fuera de calidad (además, en esta versión no considera a k; bueno, alguna vez lo nombra, pero le llama w).

- Para justificar el llamarle equipo de medida directa, aparece una nota en la que se indica que se refiere a la situación de campos de medida pequeños (versión 93).

- No se conoce cuál es el método "irrealizable", porque la explicación que da parece que se refiere a la realizada con bloques patrón longitudinales.

- En la versión del 93 se suprimen o modifican algunos párrafos y expresiones, sobre todo para "aligerar" valores límites admisibles, quizás porque en la del 85 eran bastantes restrictivos o engorrosos.

- No se sabe si la aplicación de este documento era necesaria para obtener una "certificación SCI" (algo parecido a lo que ahora es la acreditación, pero sólo en el ámbito español).

Tabla 4.7 Evaluación inicial del procedimiento de calibración DI-010:2003

Valoración individual de los documentos analizados		
Tipo:	Calibración	Identificación PC DI-010 CEM
Título:	Procedimiento de Calibración DI-010 para la Calibración de Comparadores	
Organismo:	CEM	Edición: 0 Año: 2003
Historia y trazabilidad:		
<p>En la página web del CEM (http://www.cem.es) se incluye el siguiente texto justificatorio de los orígenes de los procedimientos de calibración editados por este Organismo:</p> <p><i>“Atendiendo a las demandas reiteradamente planteadas por las empresas, centros de investigación y otras instituciones relacionadas con la metrología, sobre la necesidad de disponer de guías de ayuda para la calibración de sus equipos de medida, inició en su momento la publicación de una serie denominada “Procedimientos de calibración”. Estos procedimientos se elaboran conforme normas específicas. Este ambicioso proyecto se culminará en un plazo de cinco años, al término del cual se dispondrá de un total de 250 procedimientos de calibración, que cubrirán los instrumentos de medida más habituales, tanto en las empresas como en las instituciones y organismos relacionados con las medidas.”</i></p> <p>El documento se presenta como “edición 0”, al igual que el resto de los procedimientos con código DI (dimensional) editados por el Centro Español de Metrología. Esta identificación resulta poco justificada por los siguientes motivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La no inclusión de una fecha dificulta la ubicación temporal del documento - Iniciar la numeración en cero tendría justificación únicamente en el caso de que se tratase de un documento tipo <i>proyecto de partida</i>, con una vigencia reducida, a la espera de ser revisado en un corto plazo de tiempo (Tal y como se indica en la primera página del documento: “Este procedimiento de calibración es susceptible de modificación permanente a instancia de cualquier persona o entidad.”) - Su permanencia a lo largo de estos años <p>Esta falta de actualización resulta particularmente patente en la identificación, dentro de este documento, del uso de bloques patrón longitudinales de calidades ya no vigentes, tales como la 00 (Tabla 1, pag. 11)</p> <p>El DI-010 (NIP0 165-99-003-4), editado en 1999, fue elaborado por el Grupo de Trabajo MINER-CEM, empleándose como base, entre otras, al contenido de la segunda edición (enero 1993) del documento del SCI denominado “Proceso de Calibración D006 para Comparadores Mecánicos D-03.01.” -MINER pertenecía a la Dirección General de Innovación Industrial y Tecnología (SCI)-.</p> <p>Actualmente se encuentra descatalogado.</p>		
Léxico:		
<p>Presenta una correcta designación de este tipo de equipos “comparadores mecánicos”, idéntica a la que se emplea en el documento antecesor del SCI (DI-006:1993 2ªed), si bien en su interior menciona también a los “comparadores de cuadrante”, al hacer referencia a la UNE 82-310. Por otra parte, amplía su ámbito a la calibración de comparadores electrónicos (analógicos o digitales), no incluidos en su antecesora. Se entiende que resulta innecesaria esta diferenciación efectuada entre los diferentes tipos de comparadores electrónicos, toda vez que no se hace, a pesar de ser idéntica, en el caso de los comparadores mecánicos, que también pueden tener un elemento indicador analógico o digital.</p>		
Erratas, gramática, estilo:		

- Página 12, línea 5: Donde pone "3,5•m" debería poner "3,5 μ m"
- Página 19, línea 14: Donde pone "tendido en cuenta" debería decir "tenido en cuenta".
- Página 25, línea 21: Donde pone "párrafo 5.8.1.1" debería decir "párrafo 5.8.1.2".
- Página 45, línea 20: Donde pone "E > 0,0001" debería decir "E \geq 0,001".
- Página 46, línea 3: Donde pone "E > 0,0001" debería decir "0,0001 \leq E < 0,001".
- Página 48, líneas 3 y 9: Los valores numéricos de las temperaturas aparecen con el símbolo ° montado sobre ellas.
- Página 50, línea 2: Los valores numéricos de las temperaturas aparecen con el símbolo ° montado sobre ellas.

Estructura:

El CEM DI-010 se estructura en los siguientes apartados:

8. Objeto
9. Alcance
10. Definiciones
11. Descripción
12. Resultados
13. Referencias
14. Anexos

Contenidos:

Se indica que el documento es una actualización del procedimiento de calibración del SCI D-006: 1993 (2ª ed.)

Limita su ámbito de aplicación a los comparadores con una división de escala $E \geq 0,0001$ mm y un alcance $A \leq 10000 E$, es decir: $A/E \leq 10000$).

El alcance A coincidente con el actual concepto de intervalo de medida, calculado como la diferencia entre los límites del rango nominal.

Las definiciones presentadas en el documento están extraídas del VIM (1994, incluyendo notas literales) así como de las normativas ISO y UNE, y la clasificación de Instrumentos de Metrología Dimensional (1ª ed. MINER, SCI 1984). En dichas definiciones resulta curiosa la inclusión de términos metroológicos generales aplicables a cualquier instrumento, tales como *incertidumbre* o *calibración*, en contraste con la ausencia de otros más específicos en el caso de un comparador, como *desviación*. A diferencia de lo indicado en el SCI D-006, en el sentido de que el comparador realiza medidas directas, en este caso sí se hace una expresa afirmación de que este instrumento realiza medidas por comparación, y por lo tanto indirectas, pudiéndose por ello considerarse como un avance.

En la definición de *Comparador Mecánico* sólo se incluyen a los que poseen una escala circular graduada (analógicos) pero no a los digitales, distinción que sin embargo sí aparece para el caso de los *Comparadores Electrónicos*. Probablemente dicha limitación se deba a la utilización de lo contenido en UNE 82-310, referencia [7] del documento.

Se hace referencia a dos métodos de calibración alternativos:

- Calibración mediante Bloques Patrón Longitudinales (BPL)
- Calibración mediante Banco de Calibración de Comparadores (BCC)

Si bien posteriormente se amplía el uso del documento a la calibración mediante Máquina Medidora Horizontal (MMH), que sin embargo no se describe debido a las pequeñas diferencias que presenta frente al empleo del BCC. Para ello se aducen también motivos de espacio, lo que resulta particularmente curioso teniendo en cuenta que este PC (procedimiento de calibración) es uno de los más extensos publicados por el CEM (85 páginas). Desaparece también el primero de los cuatro métodos planteados en el procedimiento de calibración del SCI D-006:1993 (2ª ed.). Desaconseja el empleo del método de calibración mediante BCC para comparadores con una relación A/E > 1000, debido al crecimiento del error de coseno.

No se incluye ninguna identificación, clasificación ni descripción de los comparadores, limitándose a describir, en el apartado de "Generalidades", los dos tipos de uso de estos equipos:

- Medición básica (por comparación)
- Medición de defectos de forma

En las referencias no se emplea un formato unificado a la hora de identificar los documentos, así por ejemplo, no se identifica el año de publicación ni los organismos que editan los documentos, como es el caso de las normas ISO y UNE. El primer caso dificulta el seguimiento de la edición utilizada, así como el conocimiento de si ésta era la vigente en el momento de su publicación del PC. Es precisamente el caso de lo expresado en el apartado 5.1.1, en el que se enuncian las calidades de los BPL utilizables, incluyendo la 00. Se indica textualmente que dichas calidades se adoptan según lo referido en la norma UNE 82-311, equivalente a ISO 3650. Dado que el PC es publicado por el CEM en 1999, la norma UNE referida es la publicada en 1985. Sin embargo dicha norma española se corresponde con la norma internacional ISO 3650 publicada en 1978, que es donde se incluye la calidad 00. Sin embargo esta norma fue posteriormente revisada en su edición de 1998, pasando a EN ISO 3650 en esta misma fecha y desapareciendo en ella la identificación de esta calidad 00. Resulta por tanto obvio que se estaba trabajando con una norma equivalente desfasada pues, como ya se ha indicado, el PC del CEM se publicó un año más tarde, por lo que se debería haber tenido conocimiento de dicha norma ISO revisada. Por otra parte, cabe destacar que la norma española adoptó la versión ISO un año más tarde, generando la UNE-EN ISO 3650:2000.

Considera la selección de las mesas de planitud según el valor del defecto de planitud (incluyendo la incertidumbre).

Postula que el alcance del BCC deber ser siempre mayor o igual que el del CM (comparador mecánico) a calibrar, lo cual parece en principio que es una obviedad, dado que difícilmente se puede calibrar por encima del propio alcance de la referencia empleada. Igualmente limita la relación existente entre la incertidumbre del BCC y la división de escala del CM a; $u_{BCC} \leq 0,5 E_{CM}$.

Se considera que la limitación establecida por el documento de aclimatar al CM durante un periodo mínimo de 24 horas (aún cuando sea dentro de un intervalo de $20^\circ \pm 3^\circ C$), puede ser excesiva para el caso de CM con una $E \geq 0,01$ mm, bastando en estos casos periodos sensiblemente inferiores. Esta limitación contrasta con el hecho de que cuando se emplee BCC, el documento sólo establezca una espera de al menos 15 minutos desde su limpieza a su utilización en la calibración del CM. Parecería deducirse, falsamente, que se le establece una mayor limitación al CM que al patrón utilizado en su calibración. Esta apreciación podría deberse a una incorrecta redacción, en la que se ha omitido la consideración de que la aclimatación inicial se extiende a todos los elementos que participan en la calibración de los CM, sean éstos BCC o BPL.

Igualmente se considera, al menos, ambigua e imprecisa la consideración de que se debe comprobar "visualmente" la verticalidad del CM en el soporte, para su calibración mediante BPL.

También resulta insuficiente la consideración de que se deberá medir la temperatura al menos al inicio y al final de la calibración, dado que los valores realmente relevantes son los de las temperaturas máxima y mínima alcanzadas en dicho periodo.

El documento describe el procedimiento de calibración limitado para el caso de los BCC, aparentemente, manuales. En efecto, en el apartado 5.5.1 se menciona como una de las operaciones previas la fijación del CM al BCC, ajustándose ambos de forma que las lecturas de ambos instrumentos sean aproximadamente cero. Esta operatoria no es precisamente general, ya que resulta

claramente diferente a lo que se suele aplicar en el caso de BCC semiautomáticos, que pueden realizar una puesta a cero previa.

Otra de las indicaciones que se podría haber evitado es la efectuada en el último párrafo del apartado 5.5, en el que se afirma que todo el proceso se ha diseñado para que no sea necesario introducir correcciones por las magnitudes de influencia. Esto contrasta con el hecho de que posteriormente se realice el desarrollo completo de las diferentes aportaciones de incertidumbre que supuestamente no se precisarían considerar, tales como la temperatura o la falta de alineamiento. De hecho en el apartado 6.1 se afirma que se considerarán cinco contribuciones significativas a la incertidumbre final, entre las cuales están el alineamiento del comparador frente a la referencia y los efectos térmicos.

Diferencia tres operaciones en la calibración de los CM, para la determinación de:

- Desviaciones para desplazamientos ascendentes (valores crecientes)
- Desviaciones para desplazamientos descendentes (valores decrecientes)
- Repetibilidad

A pesar de que en el documento se explicitan una gran cantidad de variables simbólicas, no se ha creado una tabla glosario de los mismos unificada. Sólo en los apartados 5.8.1 y 5.8.2 se presentan sendos listados del significado de algunos símbolos empleados en la calibración con BPL (por lo demás idénticos entre sí, a excepción de la definición del índice i), y en 5.9.1 y 5.9.2 para la calibración con BCC.

Para el cálculo de la incertidumbre (apartado 6.1) las correcciones de calibración se representan mediante el símbolo c_i . Esto plantea el problema de su coincidencia con la simbolización que las Guías ISO-GUM y EA-4/02 emplean para los coeficientes de sensibilidad, también c_i , y obliga a emplear un símbolo alternativo para dichos coeficientes, γ_k . Dada la notoria utilización de estos documentos, hubiese sido más sencillo y práctico haber nombrado a estas correcciones de calibración mediante otro símbolo alternativo.

Resulta poco habitual y consecuente el emplear como símbolo del término de referencia a r_i , dado que en las tablas y en otros símbolos del documento, a la referencia se le suele denotar mediante un subíndice 0. Esto se agrava posteriormente ya que obliga a modificar el símbolo del término de repetibilidad, dado por el estimador estadístico s_R .

Secuencia de contenidos y maquetación del documento:

La parte esencial del documento se desarrolla en el capítulo 5, describiendo sucesivamente un conjunto de cuatro etapas de calibración, para los dos procedimientos alternativos (calibración con BPL o con BCC).

- Equipos y materiales:
 - BPL (5.1)
 - BCC (5.2)
- Operaciones previas:
 - General (5.3)
 - BPL (5.4)
 - BCC (5.5)
- Proceso de Calibración:
 - BPL (5.6)
 - BCC (5.7)
- Toma de datos:
 - BPL (5.8)

▪ BCC (5.9)

Hasta cierto punto, este salto continuo entre la sistemática que emplea BPL y BCC puede generar confusión e impide tener una visión lineal de cada proceso. Este inconveniente podría haber sido evitado fácilmente mediante una secuenciación diferenciada de forma global, es decir, con un capítulo 5 dedicado a la descripción de la calibración con BPL y un capítulo 6 dedicado a la descripción de la calibración con BCC.

Por otra parte, existe un elevado porcentaje de repetición en los contenidos de las etapas del "proceso de calibración" frente al de "toma de datos", dado que en ambos se explica el mismo asunto, en el primer caso haciendo hincapié en los aspectos descriptivos, mientras que en el segundo desarrollando más los analíticos y justificativos.

También existe un palpable paralelismo e incluso repetición en los grupos de apartados alternativos, empleándose párrafos idénticos tanto en su referencia al empleo de BPL como de BCC. Si bien es cierto que esto alarga la extensión del documento (véase 5.6.1 frente a 5.7.1, o la 5.6.5 frente a la 5.7.5), también lo es que, cuando sustituye esta repetición de texto por la referencia al correspondiente apartado del procedimiento alternativo, resulta "mareante" los saltos que se precisan realizar para llevar una lectura lineal completa.

Se destaca el abuso de la indexación en la numeración de los apartados, que llega al cuarto nivel.

Dada la complejidad del cálculo de la incertidumbre de la referencia (el BCC), el documento remite a un anexo (el 8.3) para su determinación. El número de componentes que se emplean en su determinación es tal que la extensión de su desarrollo recuerda a la de un procedimiento completo, identificándose una función modelo y un conjunto de fuentes de incertidumbre asociadas. De hecho se incluye otro anexo (el 8.4) para presentar un ejemplo de aplicación específico para el cálculo de la incertidumbre de la referencia. Todo esto vuelve a resaltar un cierto grado de desubicación y la necesidad de realizar una lectura del PC a saltos.

Destinatario:

Otros documentos:

Observaciones:

Tabla 4.8 Evaluación inicial del consejo para la práctica metroológica 14:1989

Valoración individual de los documentos analizados		
Tipo:	Operativo	Identificación CPM 14 AEC
Título:	Consejos para la Práctica Metroológica, Comparadores	
Organismo:	AEC	Edición: - Año: 1989
Historia y trazabilidad:		
<p>El “Consejo para la práctica metroológica nº 14 Comparadores” realizado en el seno del Comité de Metrología de la AECC fue publicado, en su primera edición, en diciembre de 1989, actuando como ponente del mismo Javier Carro, del Taller de Precisión de Artillería.</p> <p>Su trazabilidad real proviene de la experiencia metroológica de Javier Carro, así como de su libro “Metrología dimensional” de 1978 y de sus trabajos en el Comité de Metrología de la AECC y en el SCI-MINER. Ahora bien, dado que no se citan en el apartado 10. REFERENCIAS estos documentos, cabe indicar que la trazabilidad formal del Consejo 14 se establece básicamente, a partir del “Proceso de calibración SCI-D-006” de 1985; sorprendiendo el hecho de que no haya sido también considerada al efecto la “Clasificación de instrumentos de metrología dimensional” del SCI-MINER (1ª edición de 1984).</p> <p>Tampoco se referencia la norma UNE 82310 “Comparadores de cuadrante” que había sido publicada el 15 de noviembre de 1985 (cuatro años antes que el Consejo 14), ni ninguna otra norma internacional o extranjera sobre “comparadores”.</p> <p>Sin embargo, sí se referencia la norma UNE de “bloques patrón” y el proceso de calibración correspondiente a estos patrones; lo cual resulta lógico por la fuerte vinculación existente, en la práctica metroológica, entre los “comparadores” y los “bloques patrón longitudinales”.</p>		
Léxico:		
<p>1.- El título del Consejo 14 “Comparadores” resulta adecuado, ya que en el apartado 2 del mismo se desarrolla la clasificación de los mismos -en función de su sistema de amplificación- en: Mecánicos, eléctricos, neumáticos y ópticos. Ello en términos de la “Clasificación de instrumentos de metrología dimensional” del Ministerio de Industria y Energía (MINER) de 1984 corresponde con los siguientes instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> 03.01 Comparadores mecánicos 03.02 Comparadores neumáticos 03.03 Comparadores electrónicos 03.04 Comparadores ópticos <p>2.- En relación con lo anterior llama la atención que en el Consejo 14 uno de los grupos se denomine “comparadores eléctricos” cuando en la Clasificación de 1984 –sobre la que se apoya el “Proceso de calibración SCI-D-006” que sí está referenciado- se opta por la denominación de “comparadores electrónicos”</p> <p>3.- En general la nomenclatura empleada en el Consejo 14 es correcta y precisa, y los términos metroológicos suelen estar adecuadamente empleados.</p> <p>4.- En la página 12 se indica se admite implícitamente el empleo de la denominación vulgar de “relojes comparadores” para los “comparadores mecánicos”.</p> <p>5.- Se opina que en el título del apartado 1 resultaría más correcto el empleo del término “medición” que el de “medida”.</p> <p>6.- En relación a los comparadores de amplificación mecánica (principalmente en el apartado 2.1), se opina que los términos “mediante engranajes” y “por deformación elástica” pueden ser mejorados.</p>		

De hecho en el primero de los tipos se tiene una primera etapa mediante un mecanismo de cremallera-piñón (*rack&pinion*).

- 7.- Mientras que en el apartado 2.1 al desarrollar la clasificación de los "comparadores de amplificación mecánica" establece 3 tipos (por engranajes, por palancas y por deformación elástica), en el primer párrafo del apartado 7 (página 59), en la tabla 3 (página 60) y en el enunciado del ejemplo (apartado 9.1) se emplea la designación de un instrumento como "comparador mecánico recto", denominación ésta que no deriva de la anterior clasificación.
- 8.- Parece dudoso el empleo en el título en el apartado 3.2 del término "campo de medida" cuando trata de algunas consideraciones al diseño de la escala de trazos. Si alguien, tras ver el índice, entra en dicho apartado, no espera encontrar lo que dicho apartado contiene, sino más bien los rangos de "campos de medida" de los distintos tipos de comparadores. Por otra parte se opina que la utilización de las expresiones "zona de entrada" y "zona de salida" relativas a la escala del comparador, que son empleadas en la página 41 y en la figura 23, resultan apropiadas.
- 9.- El título del apartado 3.3 emplea el término "cabezas de contacto" mientras que en el texto del apartado y en la figura 24 se usa el de "cabezas palpadoras". Resulta interesante que en este apartado se enuncia "sobre la marcha" el "principio general de metrología dimensional" de que "el contacto palpador-pieza sea entre superficies plana-curva a efectos de reducir al máximo errores de posicionamiento, que pueden ser grandes, en contactos de tipo plano-plano o curva-curva". Principio que resulta de interés y que es difícil encontrar en los libros sobre Metrología Dimensional.
- 10.-El título del apartado 4 "Clasificación de métodos de medida con comparador" resulta, cuando menos, ambiguo; ya que –al igual que ya se comentó en el caso del apartado 3.2- al ver dicho título en el índice se generan expectativas de contenidos que luego no se ven reflejados en la estructura y texto del apartado. Además, si se mantuviera este título, debería haberse dispuesto dentro de él el tema de "montajes multicotas" en lugar de ser objeto de un apartado específico (apartado 5).
- 11.- ¿Por qué en el título del apartado 6 se emplea el término "procedimientos" cuando el SCI entonces vigente consagra el de "procesos de calibración"?
- 12.- En el apartado 6.1.1 se considera el empleo de un "instrumento patrón específico" (¿instrumento patrón?), el "banco de calibración de comparadores"; mientras que en la Clasificación de 1984 dicho dispositivo se denomina: "banco de verificación de comparadores".
- 13.- ¿Cómo se titula el apartado 7 "normalización" cuando no está vinculado a ninguna "norma"?
- 14.- En el apartado 8.1 ¿por qué la incertidumbre del patrón es designada como I_{01} y no simplemente por I_0 ? La única justificación es que en el último párrafo del apartado 8.2 se hace una disquisición sobre el "patrón de calibración" y el "patrón empleado en la medición diferencial" pero se opina que como ello corresponde a operaciones diferentes no debe condicionar este tipo de nomenclaturas.

Erratas, gramática, estilo:

- Página 7, línea antepenúltima; página 10, líneas 3 y 11; página 49, línea antepenúltima; página 58, línea 8: Donde pone "mesurando(s)" debe poner "mensurando(s)"
- Páginas 55 y 57: Sobra el "punto" (.) detrás del símbolo de la unidad (mm) en los títulos de los apartados 6.1.3 y 6.1.4.
- Página 63, fórmulas del apartado 8.1. La letra usual para designar "varianzas" es la "V" o en su caso como cuadrado de desviación típica; esto es " s^2 " o " σ^2 ". Aquí se emplea la "U" indicativo de "desviación típica" como deformación del empleo de dicha letra en la denominación de incertidumbres en lengua inglesa (*uncertainty*) y como consecuencia de haber seguido algún documento precursor de la GUM.

Estructura:

El Consejo 14 se estructura en los siguientes apartados:

15. Fundamento de la medida diferencial
16. Clasificación de comparadores
17. Detalles constructivos y de empleo
18. Clasificación de los métodos de medida con comparadores
19. Montajes multicotas
20. Procedimientos y periodos de calibración
21. Normalización de calidades
22. Incertidumbre de un comparador y de una medida diferencial
23. Ejemplo
24. Referencias

La estructura del documento y la secuenciación de sus contenidos resulta correcta y adecuada (ello no significa, en absoluto, que no pueda ser mejorada; de hecho ya se ha propuesto la inclusión del apartado 5 en el 4). En general se trata de una estructura compatible con el tono explicativo y didáctico de la monografía, que constituye uno de sus mejores valores.

Contenidos:

- 1.- Los presentes Comentarios se van a centrar en las partes generales y comunes del Consejo 14, así como en todo lo referente a “comparadores mecánicos”. No se va a comentar nada de lo que afecte exclusivamente a los otros tipos de comparadores (neumáticos, eléctricos y ópticos) por quedar, en principio, al margen de los objetivos de este documento.
 - 2.- El apartado 1. **FUNDAMENTO DE LA MEDIDA DIFERENCIAL** es necesario y claro; y centra muy bien el campo metroológico que afecta a este tipo de instrumentos.
 - 3.- No obstante lo indicado en el punto anterior, el primer párrafo de la página 10 es oscuro y ambiguo. Aunque intenta ser aclaratorio, se opina que genera más dudas de las que resuelve. Quizás la solución sea plantear dos tipos de medición indirecta:
 - Cuando todas las variables que intervienen son de la misma magnitud física. Por ejemplo la longitud, y en ese grupo estarían “el método de la cuerda y la flecha” y la medición diferencial de longitudes mediante comparadores mecánicos y bloques patrón longitudinales.
 - Cuando intervienen magnitudes físicas diferentes, como en el caso de evaluación de temperatura mediante termómetros de mercurio en los que realmente se mide una longitud y por aplicación de la ley física de la dilatación térmica se obtiene una valoración de la temperatura.
 - 4.- En el apartado 2.1 se establecen tres categorías de “comparadores de amplificación mecánica”:
 - De amplificación mediante engranajes
 - De amplificación mediante palancas
 - De amplificación mediante sistemas de deformación elástica
- Además –y aunque no se expresa abiertamente- en dicho apartado 2.1 se indican las siguientes tipologías básicas de comparadores mecánicos:
- Centesimales con mecanismo de “engranajes” y valores de la constante K en torno a 200

- Milsimales con mecanismo de “engranajes” y valores de K en torno a 2000
 - Diezmilsimales con mecanismo de “deformación elástica” y valores de K en torno a 20 000
 - Con divisiones de escala de 0,02 μm a 0,005 μm , ambos inclusive.
- 5.- En el apartado **3. DETALLES CONSTRUCTIVOS Y EMPLEO** se establecen para los comparadores mecánicos “fuerzas de medida” de 0,5 N a 3 N; valores que no parecen compatibles –con carácter general- con los indicados en la norma UNE 82310:1985.
- 6.- En el apartado **4. CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE MEDIDA CON COMPARADOR** se consideran los “soportes de comparador” y sin embargo tampoco se hace referencia en él a la “Clasificación de instrumentos de metrología dimensional” del Ministerio de Industria y Energía (MINER) de 1984, en la que figuran como:
- 03.05 Soportes de comparador
- 7.- El último párrafo del apartado 4.2 –así como la figura 29 referenciada desde dicho párrafo- resulta erróneo y engañoso. En efecto, el soporte asociado al útil de sujeción entre puntos (al menos tal como se representa en la figura) parece que pertenece más a una configuración de “comparador fijo” que de “comparador móvil” y por ello debería ir dentro del apartado 4.1 o bien ser objeto de un nuevo apartado específico. Por otra parte, aún en el caso de que realmente se tratara de un caso de “comparador móvil”, sólo actuaría como tal en la realización de mediciones según direcciones paralelas al eje de “entre puntos”, como en un caso de evaluación de “rectitud”, pero nunca en la evaluación de la “circularidad” en el que el comparador actuaría como “comparador fijo”. Además las figuras 27, 28 y 29 no expresan cómo es el funcionamiento de los montajes (salvo para las personas que sepan de antemano qué se quiere explicar)
- 8.- En el apartado 4 se consideran los “soportes de comparador” y sin embargo tampoco se hace referencia en él a la “Clasificación de instrumentos de metrología dimensional” del Ministerio de Industria y Energía (MINER) de 1984, en la que figuran como:
- 03.05 Soportes de comparador
- 9.- En el apartado 5 se consideran los “montajes multicotas” y sin embargo tampoco se hace referencia en él a la “Clasificación de instrumentos de metrología dimensional” del Ministerio de Industria y Energía (MINER) de 1984, en la que figuran como:
- 03.07 Montajes multicota
- Apréciase que en la Clasificación la palabra “multicota” está expresada en singular.
- 10.- El apartado **6. PROCEDIMIENTOS Y PERÍODOS DE CALIBRACIÓN** se estructura en tres partes:
- 6.1 Calibración de comparadores con contacto
 - 6.2 Calibración de comparadores sin contacto
 - 6.3 Períodos de calibración
- Dado que el apartado 6.2 no corresponde a “comparadores mecánicos”, no será objeto de consideración en el presente documento.
- 11.- El apartado 6.1 se desarrolla según 3 grupos de procedimientos:
- 6.1.1 Para comparadores “corrientes” con división de escala $E \geq 0,001$ mm, mediante “banco de calibración de comparadores”
 - 6.1.2 Para comparadores con gran campo de medida y división de escala $E \geq 0,001$ mm, mediante medidora de una coordenada horizontal con palpador móvil plano
 - 6.1.3 Comparadores con división de escala $0,0001 \text{ mm} \leq E < 0,001$ mm y campo de medida reducido, mediante montaje “en escalera” de 11 bloques patrón longitudinales sobre patrón de planitud de vidrio.
 - 6.1.4 Comparadores con división de escala $0,0001 \text{ mm} \leq E < 0,001$ mm y campo de

medida reducido, mediante láser de medida de desplazamientos.

12.-En el apartado 6.1.1 se consideran los “banco de calibración de comparadores” y sin embargo tampoco se hace referencia en él a la “Clasificación de instrumentos de metrología dimensional” del Ministerio de Industria y Energía (MINER) de 1984, en la que figuran como:

03.08 Banco de verificación de comparadores

13.-Dado que al comienzo del apartado 6 se expresa que el desarrollo del apartado se ajusta en todo lo posible al proceso de calibración SCI-D-006, gran parte de los comentarios hechos a éste tienen validez para el Consejo 14; ahora bien, cabe indicar las siguientes mejoras que presenta el Consejo 14 en relación con este tema:

- La clasificación de los métodos de calibración es algo más clara y los títulos van dirigidos al tipo de instrumentos a aplicar y no como en el proceso SCI-D-006 que van designados por los instrumentos y patrones empleados.
- Se incluye un método más, el de láser de medida de desplazamientos (apartado 6.1.4)
- En el caso de emplear una máquina medidora por coordenadas, concreta qué tipo de máquina resulta más adecuada: la de una coordenada horizontal (02.04 en Clasificación de 1984); frente a las cuatro tipologías que contempla el proceso de calibración SCI-D-006 (02.04 a 02.07)
- Se ha incluido un gráfico de desviaciones (figura 32) que ayuda a la explicación y entendimiento de los parámetros de calibración.
- Aunque el grueso de la explicación del método se efectúa únicamente en el caso del apartado 6.1.1 de calibración con “banco de calibración de comparadores” (“caso más corriente” como se indica la final de la página 64), además se expresa lo siguiente:
 - Al final del apartado 6.1.2 se dice “El resto del proceso a seguir es análogo al descrito en el apartado 6.1.1”
 - Al final del 6.1.3 se indica: “Con los valores obtenidos, se establecen las correspondientes curvas de correcciones de calibración, creciente y decreciente”
 - Al final del 6.1.4 señala que “En principio, mediante recorridos en ambas direcciones y obtención de repetibilidades en varios puntos, puede procederse al establecimiento de los cuatro parámetros descritos en el apartado 6.1.1”

14.-Está bien que haya un apartado específico sobre las calidades de los comparadores.

15.-El texto de la recomendación de calidades dada al inicio de la página 61 parece estar tomado literalmente de la norma UNE 82310:1985 ¿cómo es que a pesar de ello sigue sin referenciarse dicha norma?

16.-Con generalidad se emplean en el Consejo 14 factores de incertidumbre de valor 3, mientras que en la práctica metroológica el valor por defecto de dicho factor suele ser $k = 2$.

17.-El contenido del segundo párrafo de la página 62 (perteneciente al apartado 8.1) es ambiguo y da lugar a dudas, ya que l_c es la “incertidumbre de calibración” y no la “incertidumbre para una medida” ó $n = 1$. Ésta habría que calcularla al resolver el caso general de “calibración-medición”. Nadie duda que el resultado numérico va a ser el mismo, pero no debe inducirse esta identificación conceptual. Tampoco deberían hacerse consideraciones tales como “Ante la gran seguridad de todos los factores calculados, ...”, ni queda clara la explicación que se da para la “condición general de acotación inferior del valor de la incertidumbre”.

18.-En relación con lo anterior, aquí se tiene otro enunciado implícito de un importante concepto metroológico (algo análogo a lo indicado en el comentario 9 del apartado de Léxico). Lo que quiere

decir con la "acotación inferior de la incertidumbre en 1 ó ½ divisiones de escala" es algo que deriva de una antigua norma DIN y que se emplea para la asignación de incertidumbres tipo B. Ello podría enunciarse así:

"Cuando un instrumento tiene tan alta repetibilidad que en la calibración salen desviaciones típicas de valor cero (o casi cero) y las correcciones de calibración son también de valor cero (o casi cero), el resultado matemático conduce a que su incertidumbre de calibración sería nula. Ahora bien como esto es técnicamente imposible se le asigna un valor a dicha incertidumbre (incertidumbre tipo B). Ese valor es en sentido estricto ½ de la división de escala, la que proviene del hecho de que cuando el indicador esté más o menos en la mitad de entre dos trazos (instrumento analógico) el operario tiene "probabilidad" de asignarlo por defecto o por exceso, cometiendo en ambos casos un "error" próximo a media división de escala, que se acotaría mediante una incertidumbre de ese valor. Ello también es aplicable a los instrumentos digitales, sólo que en esos casos quien comete el "error" de redondeo y/o truncamiento es el algoritmo asociado al dispositivo. Por ello, en estos casos se suele asignar una incertidumbre de media división de escala. Ahora bien, como suele ser usual no bajar en las lecturas del valor de la división de escala, el criterio anterior suele ser sustituido por la asignación de una incertidumbre de calibración de ± 1 división de escala".

19.-En el apartado 9.4 debería incluirse que entrando en la tabla 3 con los valores obtenidos se tiene un instrumento de Calidad 1. Así mismo debería quitarse dicho comentario del apartado 9.5.

20.-En el apartado 9.5 se debería haber aplicado la última expresión del apartado 8.1 tal como sigue:

$$I_c = (2^2 + 9,5^2 + 1,5^2)^{1/2} = 9,82 \mu\text{m} \leq 10 \mu\text{m} = 0,01 \text{ mm}$$

Ya que tal como ha sido escrito el apartado 9.5 parece que el valor de la incertidumbre de calibración se desprende de la Calidad 1 -y por tanto de la tabla 3- y no que es resultado de la aplicación de una expresión.

Secuencia de contenidos y maquetación del documento:

Las principales deficiencias de secuenciación de contenidos advertidas son:

- 1.- Como se ha indicado en el apartado de Estructura, la secuenciación de contenidos es adecuada, si bien podría haberse incluido el apartado 5 en el 4.
- 2.- El apartado 3.1 debería ser posterior, aunque dentro del apartado 3.

Las principales deficiencias de maquetación del documento son:

- 1.- La figura 5 debería estar en la página 13 para así estar incluida dentro del texto que la referencia. Además podría ser sensiblemente más pequeña y deberían incorporarse leyendas explicativas.
- 2.- La figuras 10.1 y 10.2 deberían ser contiguas.
- 3.- La figura 18 debería ser de mayor tamaño a fin de favorecer la lectura de los textos.
- 4.- El título del subapartado 3.2 está con un cuerpo de letra menor que el de los distintos subapartados del apartado 3.

Destinatario:

En el prólogo del Consejo 14 (pág. 3) se indica "Se trata de una mera recopilación de datos, casi todos ellos expuestos previamente en otras publicaciones, en el afán de que, reunidos todos aquí, se disponga de un pequeño manual de trabajo, útil para la práctica diaria metroológica en las secciones de control y verificación de las empresas"

Otros documentos:

UNE 82310 :1985 “Comparadores de cuadrante”

UNE-EN ISO 463:2006 “Especificación geométrica de productos (GPS). Equipos de medición dimensional. Diseño y características metroológicas de relojes comparadores mecánicos”

UNE-EN ISO 463:2006/AC “Especificación geométrica de productos (GPS). Equipos de medición dimensional. Diseño y características metroológicas de relojes comparadores mecánicos. Erratum 1:2007”

ISO/R 463:1965 “Dial gauges reading in 0.01 mm, 0.001 in y 0.0001 in”

ISO 463:2006 “Geometrical Product Specifications (GPS)- Dimensional measuring equipment- Design and metrological characteristics of mechanical dial gauges” (con la “corrigenda” ISO 463:2006/Cor 1:2007)

DIN 878:1983 “Geometrical Product Specifications (GPS)- Mechanical dial gauges- Limits for metrological characteristics”

NF EN ISO 463:2006 “Spécification géométrique des produits (GPS)- Instruments de mesurage dimensionnel- comparateurs mécaniques à cadran- Caractéristiques de conception et caractéristiques métrologiques”

UNI EN ISO 463:2006 “Specifiche geometriche dei prodotti (GPS)- Apparecchiature per misurazioni dimensionali- Caratteristiche di progettazione e caratteristiche metrologiche dei comparatori meccanici a quadrante”

Observaciones:

- La distinción que hace en la página 10 proviene de la que está en el libro *Metrología Dimensional*. Identifica los métodos absoluto y diferencial desde el punto de vista de la intervención de un patrón. En cuanto a la utilización de directa e indirecta se basa en el hecho de que intervengan o no variables de entrada para obtener la variable de salida.

- Existe el documento *D-036. Comparadores electrónicos (dic. 1990)*.

- Utiliza de forma indistinta el término *k* para designar tanto al factor de incertidumbre como al número de reiteraciones en cada punto.

- Utiliza los términos *E* y *D* (tabla 3) para identificar la división de escala.

- Debería tener un apartado sobre *Terminología*.

- Las figuras que aparecen en los tipos de montaje que pueden llevarse a cabo con los comparadores, no son suficientemente aclaratorias; alguna de ellas podría haber tenido esquematizada la secuencia de operaciones para realizar la medición.

- Este documento referencia un internacional, y aunque sólo es en una parte muy específico, es muy importante porque justifica la compatibilidad de esta metodología con lo contemplado en el documento internacional. Introduce el término U^2 para designar varianzas (hasta ahora hablaba directamente de incertidumbre de patrón o de aportación de parámetros).

Tabla 4.9 Evaluación inicial del manual de uso M DI-002:2004

Valoración individual de los documentos analizados		
Tipo:	Operativo	Identificación MU-DI-002 CEM
Título:	Manual de Uso M-DI-002 de Comparadores Mecánicos	
Organismo:	CEM	Edición: 0 Año: 2004
Historia y trazabilidad:		
<p>La edición es la 0, del año 2004.</p> <p>Parece que se hacía necesario para el CEM elaborar un documento que estuviera más orientado a la práctica usual de estos instrumentos, más que a la calibración de los mismos, ampliamente desarrollada en el documento DI-010 (1999), de este organismo. Pero, aunque supuestamente el objeto de este nuevo documento era describir la metodología para el uso y mantenimiento de estos equipos (párrafo textual de CEM: "documentos que sirvieran de guía para la utilización de equipos o instrumentos de medida. Dicha serie denominada "Manuales de uso de instrumentos de medida" incorpora información sobre los aspectos técnicos más relevantes para el manejo y utilización algunos instrumentos cuyo uso está ampliamente difundido en el campo metrologico"), sólo dedica a estos aspectos una reducida parte del contenido total (máximo 4 o 5 pág, de un total de 44), dedicando al menos dos tercios al desarrollo teórico del cálculo de la incertidumbre global de uso, y a un ejemplo numérico.</p> <p>Las referencias incluyen al procedimiento de calibración DI-010 del CEM, así como a otros documentos de CEM, normas UNE (sólo las 82310 y la 82309, Mesas de planitud), documentos de ENAC y el documento internacional EA-4/02.</p> <p>Es curioso que, siendo un "Manual de uso", Salvo la norma 82310, no hay ninguna referencia a documentos que recojan contenidos sobre estos equipos relativos a los aspectos constructivos y funcionales, tipos, aplicaciones (control dimensional o geométrico), criterios de selección, tipos de medición (exterior o interior) etc. Sólo se referencian documentos relacionados con el cálculo de incertidumbre, directa o indirectamente (vocabulario, clasificación,...)</p> <p>Tampoco hace referencia alguna a documentos sobre BPL. La verdad es que no habla de bloque patrón longitudinal, sino de patrón de referencia, tanto cuando explica el método diferencial (apdo. 4.2), como cuando lo enumera entre las componentes de la incertidumbre de uso (párrafo "b" de la pág 24).</p>		
Léxico:		
<p>Desde luego, en este caso lo de "Manual de uso" queda un poco fuera de lugar. Más bien, debiera tener un título relativo al cálculo de la incertidumbre global de uso del instrumento, y el resto de contenidos encuadrarlo en apartados introductorios. El usuario que vaya buscando información sobre la utilización de estos equipos no va a cubrir sus expectativas.</p> <p>En lo que sí acierta el título es en lo de comparador mecánico, aunque podía al igual que hace el procedimiento DI-010, hacerlo extensible a los comparadores electrónicos que cumplan el alcance especificado.</p> <p>Además cuando identifica las componentes de incertidumbre, debería indicar que éstas se refieren a los comparadores rectos, ya que hay componentes que no se consideran en los de palanca (desalineación, por ejemplo). Aunque la verdad, el DI-006 tampoco lo hace.</p> <p>Define a los equipos desde el punto de vista del sistema de amplificación que utiliza (no relaciona los otros que existen), y según el método de medición. Nombra el método diferencial de medida (tampoco lo identifica como "de medición"), pero no lo describe hasta la página 10.</p> <p>Realiza una clasificación bastante completa:</p>		

- Según el sistema de amplificación utilizado; aquí debería indicar “según el sistema de amplificación mecánica utilizado”, para no confundir con la clasificación más general de los comparadores (mecánicos, neumáticos, ópticos y electrónicos).

Habla de comparadores de engranajes, de palanca y de deformación elástica.

Como se ve, utiliza también la expresión “de engranajes”, al igual que otros documentos comentados.

- según la forma de indicar los resultados (analógico y digital)
- según el tipo de palpador (recto y de palanca)

Podía haber añadido un grupo según el tipo de medición (exterior e interior), o según el ámbito de control (dimensional o de forma), aunque éste último lo incluye en la definición inicial del equipo.

En cuanto a la identificación de los comparadores a los que aplica este manual, simplemente indica el límite inferior en cuanto a la división de escala (E) (0,0001 mm), y el límite superior en cuanto a intervalo de medida (10000•E).

Podía haber detallado más esta descripción, dado el supuesto objetivo del documento, añadiendo al menos una tabla donde se recojan los campos de medida y las divisiones de escala más habituales, las que tienen un uso más extendido a nivel de uso.

La codificación que utiliza es la de Clasificación del CEM, del 2002. Esta codificación, al menos en los comparadores, soportes (D.03.05) y accesorios de comparadores (D.03.06), coincide con la que hace el SCI (según el CEM, en los objetivos de su documento “Clasificación de instrumentos de Metrología, edic. 2002, pág 9, indica que éste es continuidad de las ediciones del SCI).

Las definiciones proceden del VIM 2002 del CEM (2ª edición). Aquí se introducen modificaciones en algunos conceptos definidos anteriormente en el procedimiento de calibración correspondiente (DI-010, CEM, 1999). Ejemplos: intervalo de medida (alcance), rango de indicación (campo de medida).

La terminología se refiere casi en su totalidad a los conceptos relativos al cálculo de incertidumbre, utilizando en parte la misma, o casi la misma, que los documentos GUM y EA 4/02, y el resto es propia.

Erratas, gramática, estilo:

En el primer párrafo del apartado 2. Características y alcance, se indica “y su intervalo de medida sea igual o superior a 10000•E”, y no es superior sino inferior.

Estructura:

Los apartados que componen el documento son:

1. Objeto
2. Características y Alcance
3. Definiciones y abreviaturas
4. Descripción
5. Referencias
6. Anexos

La estructura que utiliza es similar a la del DI-006.

El apartado 2 debería estar dividido en dos. Uno propio para el alcance, y otro que se podría llamar generalidades, en el que se incluiría la definición del equipo y del método de medición, clasificación, etc.

Es más aconsejable situar el apartado "Referencias" antes del de "Descripción", para agrupar de esta forma todos los contenidos introductorios que sitúan la materia objeto del documento, y de los que posteriormente se va a hacer uso en los apartados donde se desarrollan específicamente los contenidos relativos a la misma.

Contenidos:

Apartado 1. Objetivos

Desde luego, los objetivos del documento (método para uso y mantenimiento) no se corresponden en absoluto con los contenidos desarrollados.

Debería incluirse en este apartado el último párrafo del apartado 2, ya que en realidad se corresponde más con unos objetivos que con unas características (indica a los posibles usuarios interesados en este documento)

Apartado 2. Características y alcance

Teniendo en cuenta que lo que se pretende con este documento es proporcionar información clara y sencilla sobre aspectos más "operativos" (uso y mantenimiento) que "metroológicos" (calibración), se debería haber detallado más la descripción en el alcance, añadiendo al menos una tabla donde se recojan los campos de medida y las divisiones de escala más usuales, las que tienen un uso más extendido a nivel de control geométrico.

Sin embargo, a nivel de alcance, simplemente se indica el límite inferior en cuanto a la división de escala (E) (0,0001 mm), y el límite superior en cuanto a intervalo de medida (10000•E), que además, como se vió en el apdo *erratas*, está equivocado.

En este apartado se incluye además una definición del instrumento, desde el punto de vista de la amplificación y se identifica el método diferencial de medición (medida), pero no lo desarrolla hasta la página 10. Así mismo incluye, sin explicitarla como tal, una clasificación de los tipos de comparadores.

A todo esto hay que añadir ese último párrafo de "recomendación de uso".

En resumen, este apartado debería centrarse en el ámbito de aplicación de este manual, y dejar el resto para otros apartados, en los que va a quedar mucho más lógicamente encuadrada esta información.

Apartado 3. Definiciones y Abreviaturas

Las definiciones quedan correctamente referenciadas al VIM 2002 del CEM (2ª edición). Aquí se introducen modificaciones en algunos conceptos definidos anteriormente en el procedimiento de calibración correspondiente (DI-010, CEM, 1999). Ejemplos: intervalo de medida (alcance), rango de indicación (campo de medida).

Sigue utilizando el término "A" para "intervalo de medida" (lo que en VIM de 1994 era el alcance).

En cuanto a las abreviaturas, esta se refiere casi en su totalidad a los conceptos relativos al cálculo de incertidumbre, utilizando en parte la misma, o casi la misma (p.e., U_{ef} por U_{eff}), que los documentos GUM y EA 4/02, y el resto es propia.

Apartado 4. Descripción

Lo de llamarse descripción no es muy adecuado, quizás debería llamarse "Desarrollo", ya que aquí realmente es donde está (supuestamente) la parte principal del objeto del documento.

En cuanto a contenido, la información de este apartado es de tipo muy variado pero sin profundizar en ningún aspecto concreto y además, está desordenada.

Incluso, en relación a lo que realmente está dedicado la mayor parte del contenido del documento (cálculo de incertidumbre global de uso), sólo hace una breve introducción, referenciándose al anexo correspondiente (Anexo 1).

Los subapartados son:

- Consideraciones previas
- Utilización
- Mantenimiento, almacenamiento y ajuste
- Calibración
- Cálculo de incertidumbres de uso
- Presentación y tratamiento de resultados

- a. Por ejemplo, sobre las instalaciones da indicaciones muy generales sobre el control de la temperatura del recinto, sin ni siquiera proporcionar valores de temperatura e intervalos de trabajo; comenta escasamente (tres líneas) aspectos sobre limpieza del recinto.

En cuanto al equipo, comienza mezclando operaciones previas de inspección a nivel del estado general del equipo con realización de operaciones a nivel de función del mismo (comprobación de repetibilidad). Sin embargo la preparación (limpieza y estabilización) del equipo no la considera hasta dos páginas más adelante.

Es más correcto unificar y secuenciar la información en un subapartado llamado, por ejemplo, "Operaciones iniciales", y si acaso subdividirlo (explícita o implícitamente) en *inspección*, *preparación* (limpieza y estabilización térmica de los equipos necesarios) y *comprobaciones iniciales*.

En este mismo apartado hace una pequeña referencia a la identificación del equipo, pero no especifica nada concreto sobre ella, a diferencia del resto de documentos, que dan indicaciones concretas acerca de los requisitos mínimos que deben aparecer en los mismos (marca, modelo, nº de serie, etc.).

- b. En este apartado se explica, en su primera parte, el método de medida (medición) diferencial, introducido al inicio del documento, por lo que hubiera sido más correcto que estuviese en el apartado "Características".

Más que llamarse "Utilización" debería ser "Medición", porque este término identifica más correctamente los contenidos que este apartado desarrolla.

Hay un subapartado, denominado "Criterios de medida típicos", cuyo contenido no se identifica adecuadamente hasta que se prosigue en la lectura . Principalmente hace referencia al posicionamiento del comparador (textualmente), aunque en realidad se refiere a las precauciones de posicionamiento según el tipo de palpador utilizado (clasificado anteriormente): recto o de palanca. Se considera que el lugar idóneo para este sub-subapartado, así como para los otros dos (movimiento del palpador y lectura de medida) sería junto a la explicación de cómo se mide, sin tener que darle título propio (por lo menos a los dos últimos). En realidad, de forma estricta, todas estas operaciones son previas al proceso de medición.

Lo mismo ocurre con el subapartado "Criterios de puesta a cero", que en realidad describe la puesta en coincidencia del cero de la escala con la aguja indicadora, o en la pantalla. Pero en realidad, esto no puede considerarse un "criterio", ya que no se trata de seleccionar, sino puramente de un paso a realizar al principio del proceso de medición.

Aquí además, vuelve a repetir la comprobación de la repetibilidad (ahora en cero).

Se incluye un último apartado denominado *registros y cálculos*, en el que el primero se refiere en realidad a los campos que son necesarios cumplimentar cuando se realiza un informe de la medición realizada (laboratorio, equipo, condiciones, patrón de referencia, etc). Pero es curioso que no indique nada acerca del registro correspondiente a la incertidumbre global de uso.

En cuanto a los cálculos, lo que identifica es la expresión a utilizar para la obtención de un resultado en las medidas por comparación (valor del patrón, indicación del instrumento y

corrección), definiendo claramente las componentes de la misma, aunque sin explicar, hasta el anexo correspondiente, la forma de obtener alguna de ellas.

Como antes, vuelve a expresar las explicaciones de un modo muy superficial.

- c. Las operaciones de mantenimiento y almacenamiento que se describen en este apartado, podrían haberse incluido perfectamente en la descripción de operaciones, comprobaciones y consideraciones iniciales descritas anteriormente. No tiene apenas contenido, y lo que dice no aporta nada relevante.

La mayor inconveniencia de este apartado es un subapartado referente al ajuste del equipo. Si es necesario llevar a cabo ajustes, debería incorporarse la explicación en el apartado donde se desarrolla el proceso de medición. Por tanto, repite "el desorden" en la secuencia de contenidos.

- d. En la línea del documento, aporta ideas muy generales, y en este caso, se remite al procedimiento del CEM (DI-010).
- e. y f. Estos apartados son en realidad una introducción a lo que se va a desarrollar en el anexo 1. Identifica las referencias bibliográficas utilizadas y un resumen de los criterios para la expresión de la incertidumbre. Pero vuelven a ser indicaciones muy esquemáticas.

Anexo 1

Realmente, el anexo se convierte en el cuerpo principal del documento, en el cual se desarrollan minuciosamente las etapas de la determinación del cálculo de la incertidumbre global de uso, identificando cada componente y la forma de calcular su aportación correspondiente.

Se utiliza correctamente la terminología de la GUM

Se complementa muy adecuadamente con el ejemplo de aplicación

Secuencia de contenidos y maquetación del documento:

Destinatario:

Otros documentos:

Observaciones:

4.5 Recapitulación

El estudio realizado ha permitido obtener importante información acerca de los distintos documentos considerados. Mediante la realización de una valoración cualitativa de los contenidos, en base a unos apartados previamente definidos, se han identificado las desviaciones que presentan los mismos.

Sin embargo, el estudio se desarrolla a nivel individual e independiente, por lo que no se plantea ninguna evaluación de tipo comparativo, ya sea entre documentos homólogos o de carácter global a nivel del conjunto de documentos participantes. Además, al ser ésta una valoración cualitativa, no emplea ningún tipo de índice numérico que cuantifique la evaluación realizada.

En definitiva, el procedimiento de evaluación desarrollado anteriormente, aunque muy interesante y esclarecedor, es adecuado si sólo se pretende realizar una valoración aislada, lo cual puede ser suficiente en determinadas ocasiones. Sin embargo, si lo que se busca es realizar un proceso de análisis en base a los datos obtenidos, esta fórmula no aporta las variables necesarias para su desarrollo, careciendo de la robustez y el rigor necesarios.

Por tanto, se recalca la conveniencia de definir una metodología que permita desarrollar este proceso de análisis de forma estructurada y sistematizada, realizando las valoraciones de forma que puedan ser gestionadas posteriormente, ya sea a nivel individual o en relación con el resto de documentos implicados. Por otra parte, esta metodología de análisis debe quedar soportada en todo momento en los principios de máxima objetividad y generalidad en su aplicación.

Capítulo 5

PROCESO DE CONSULTA EXTERNA

5 PROCESO DE CONSULTA EXTERNA

5.1 Introducción

La evaluación realizada anteriormente ha tenido como base un instrumento concreto, sobre una documentación determinada, habiendo sido aplicada de forma individual. Cabe pues realizar un paso adicional que conlleve a la generalización y objetivación de dicha evaluación. En el caso de la generalización, se pretende extender este mismo esquema de análisis a equipos alternativos. El segundo objetivo se centra en la realización de esta misma evaluación por parte de otros usuarios. De hecho, cabe preguntarse cuál es el nivel de opinión general que posee el conjunto de usuarios de documentación metrológica sobre los contenidos, características e interés sobre dichas fuentes.

Para ello se van a mantener las tipologías documentales previamente definidas, ya que, como se ha comentado anteriormente, engloban al conjunto de actividades metrológicas en las que puede intervenir cualquier instrumento metrológico.

Los resultados obtenidos de estas evaluaciones externas van a permitir poner de manifiesto la validez de los resultados individuales obtenidos en el estudio inicial. Asimismo, las conclusiones derivadas de los resultados provenientes de los distintos participantes permitirán realizar una depuración del propio método de análisis, conduciendo al establecimiento de una metodología definitiva, es decir, aquella que se adecue mejor a los principios establecidos, procurando siempre alcanzar la máxima objetividad.

Sin embargo, esta actividad se presenta bastante complicada en este contexto de trabajo. Que otras personas desarrollen de forma íntegra el análisis utilizado en la evaluación inicial de documentos, requiere una serie de condicionantes que no siempre se van a poder cumplir de forma suficientemente satisfactoria para garantizar el éxito de su aplicación. Las dos principales causas son:

- a. El tiempo empleado en su desarrollo es sustancialmente elevado, teniendo en cuenta el número de documentos y la amplitud de cada uno de ellos. Esta circunstancia limitaría drásticamente el número de posibles participantes, ya

- b. que supondría una dedicación importante a esta actividad, no siempre disponible.
- c. Dichos participantes deben ser ampliamente conocedores del contenido de los documentos analizados. Por tanto, el tipo de usuario correspondería a un perfil muy determinado, ya que debe estar relacionado en mayor o menor medida con la mayor parte de las actividades en las que suele intervenir un instrumento, cuyos documentos están siendo evaluados.

Para solventar estas restricciones, se plantea una segunda alternativa utilizando un modelo de análisis más simplificado. La meta final es definir una metodología generalizada de análisis que permita abordar la evaluación de un determinado documento, encuadrado en una tipología específica. Es posible alcanzar esto obteniendo información más general acerca de la utilización de documentación metrológica análoga a la aquí analizada, y sobre todo, del grado de satisfacción en dicho uso.

De esta forma, es posible suavizar los inconvenientes anteriores, sin mermar en exceso los objetivos planteados, ya que los resultados obtenidos van a permitir sobre todo identificar el grado de utilización de los distintos tipos de documentos, independientemente del instrumento considerado, así como el grado de satisfacción general en la utilización de los mismos.

Esta segunda vía aporta, como ventaja sustancial, la posibilidad de aumentar la muestra de usuarios consultados en cuanto a variedad de ámbitos de trabajo, ya que no se necesita disponer de una especialización tan definida en todos los niveles de utilización, lo que no supone una disminución de la fiabilidad de los resultados.

En definitiva, se han planteado dos opciones de trabajo: la replicación de evaluaciones de documentación metrológica por parte de otros usuarios o el desarrollo de consultas externas generales. Sopesando sus ventajas e inconvenientes, la elección más adecuada debe fundamentarse en conseguir la máxima generalización de la aplicación de la metodología a implementar, ya sea entendida desde la propia documentación, el tipo de instrumento o el perfil del evaluador. Por tanto, y a juicio de la autora de esta Tesis, la segunda opción se plantea como la más adecuada para la consecución de los objetivos definidos inicialmente.

5.2 Diseño del cuestionario

Partiendo de los principios definidos en la alternativa de trabajo seleccionada, el primer paso a seguir supone identificar la forma en que se va a realizar la consulta externa. Dado que un formato tipo cuestionario es el más utilizado, debido a su sencillez de planteamiento en las cuestiones y a su facilidad y rapidez de cumplimentación, se elige éste como patrón de consulta para la evaluación de los distintos contenidos.

En la generación del modelo de cuestionario de evaluación externa, dado el carácter generalista por el que se ha optado, es necesario considerar parámetros de análisis que sean fácilmente identificables y valorables por parte de los encuestados. Para ello se deben evitar preguntas demasiado específicas que provocasen una reducción en el total de respuestas, que disminuiría el tamaño de la muestra evaluada. Sí será imprescindible que las preguntas sean planteadas de forma clara, para asegurar que la respuesta identifique fidedignamente la valoración de cada parámetro.

El punto de partida puede establecerse en el esquema de análisis que ya ha sido desarrollado anteriormente, especialmente generado con el objetivo de servir de base para análisis posteriores. Las referencias a tener en cuenta se basarán en los mismos apartados que han definido los parámetros de evaluación aplicables a los diferentes documentos. Partiendo de ello, la encuesta modelo va a incluir aspectos adicionales, tanto en un plano genérico, como en la evaluación de cada tipología documental, siempre intentando conseguir la máxima información de la forma más simplificada, rápida y sencilla.

En la estructura de dicho cuestionario se van a plantear cuatro bloques de preguntas bien diferenciados. El primero de ellos será de carácter general, y con él se pretende obtener información acerca del grado de utilización de documentación metrológica, así como de su tipología. El resto de bloques abordarán la evaluación en los contenidos relativos a las tres actividades metrológicas implicadas, *normativa*, de *calibración* y de *uso*.

En cuanto al número y grado de profundidad de las preguntas, inicialmente fue generado un cuestionario modelo con un total de 97 preguntas. En ellas quedaban contemplados de forma completa y exhaustiva los distintos aspectos relativos a los distintos bloques.

Antes de remitirla a los distintos participantes, se estimó conveniente someterlo a un proceso de validación. Para ello, se le solicitó a un experto que llevara a cabo su cumplimentación. El objetivo de este proceso no estaba centrado en los resultados obtenidos a nivel de valoración, sino más bien en la necesidad de poner de manifiesto las deficiencias en la estructura de dicha encuesta, ya fueran relativas al conjunto de los contenidos abordados como en el propio planteamiento de las preguntas.

El desarrollo de este proceso dejó muy claro desde un principio que no era factible realizar un cuestionario en los términos establecidos según ese modelo inicial. Las razones que motivaron esta decisión eran de diversa índole:

1. Excesivo número de preguntas
2. Excesiva profundidad de contenidos contemplada en algunas preguntas
3. Complejidad y ambigüedad en el planteamiento de determinadas preguntas, en parte debido al nivel de detalle que se pretendía abordar

En definitiva, se estaba de alguna forma reproduciendo algunos de los principales inconvenientes de la alternativa de análisis no seleccionada, lo cual evidentemente obligaba a realizar modificaciones para solventar las desviaciones detectadas.

Se planteaba por tanto una serie de condiciones que era imprescindible satisfacer, y que ya había sido planteada anteriormente. La primera suponía garantizar la rapidez en la cumplimentación, lo cual implicaba abordar aspectos más generales de forma que fueran fácilmente identificables por el encuestado y por tanto los evaluara de forma casi instantánea. Además, este requisito condicionaba igualmente el contenido total, el cual no debía ser muy extenso para agilizar el proceso de cumplimentación del cuestionario por parte del participante y garantizar de esta forma su realización y envío. Asimismo, se hacía imprescindible proporcionar sencillez y claridad en el planteamiento de la pregunta, de forma que se evitaran, en la medida de lo posible, las ambigüedades en su interpretación y se pudiera facilitar al máximo la objetividad de la respuesta.

En resumen, las preguntas debían estar definidas de forma simple para facilitar su ejecución, pero sin perder el rigor en su planteamiento, es decir, que la consulta fuera cómoda de respuesta y que en su realización no se invirtiese demasiado tiempo. Conseguir optimizar estas variables podía suponer que el número de documentos recibidos se aproximara al 100%.

Con estos adicionales requisitos se configuró la nueva estructura, en la que igualmente han quedado definidos cuatro bloques, cada uno de los cuales se compone de 10 preguntas. La identificación de los bloques de cuestiones está basada en la clasificación que se estableció en la primera evaluación, recogiendo el ámbito normativo, de calibración y de uso, considerando adicionalmente un primer bloque. Se recogen en él cuestiones de tipo genérico, de forma que quede identificado el perfil del encuestado, así como su ámbito de trabajo, lo cual será fundamental cuando se analicen los resultados obtenidos. Además, en este bloque quedan inicialmente recogidas las preferencias en cuanto a la tipología de documentación utilizada y la entidad emisora de la misma. El resto de bloques recoge, tal y como se ha comentado anteriormente, el ámbito normativo, de calibración y de uso, respectivamente.

Para realizar la valoración, se definen grupos de indicadores de evaluación encuadrados en distintas modalidades. Se utilizará cada uno de ellos según se necesite identificar un gradiente de valoración, desde el más desfavorable al más satisfactorio, o se deba realizar una o varias elecciones concretas de una serie de opciones. En otras ocasiones la pregunta se plantea en sentido de todo o nada (sí o no), o incluso, en algunas ocasiones, la respuesta es abierta.

Una vez elaborado el nuevo modelo de cuestionario, fue sometido de nuevo a su evaluación por parte del mismo experto, de forma que, una vez realizadas las modificaciones oportunas, se validó definitivamente. La Tabla 5.1 muestra un ejemplo del bloque correspondiente a la actividad de calibración (tercero de los cuatro bloques considerados). En el anexo B se incluye el modelo completo de cuestionario.

Tabla 5.1 Modelo de cuestionario para consulta externa. Bloque calibración

3.- Actividad calibración																				
3.1.-	¿Cuál es su grado de participación en actividades de calibración?	MB <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	MA <input type="checkbox"/>														
3.2.-	¿Qué tipo de recursos documentales emplea? (si responde <i>otros</i> , especificar)	<table border="1"> <tr> <td>Manual fabricante</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Libros</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Normas</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Documentos específicos sobre calibración</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Documentos específicos sobre uso del equipo</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					Manual fabricante	<input type="checkbox"/>	Libros	<input type="checkbox"/>	Normas	<input type="checkbox"/>	Documentos específicos sobre calibración	<input type="checkbox"/>	Documentos específicos sobre uso del equipo	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>		
Manual fabricante	<input type="checkbox"/>																			
Libros	<input type="checkbox"/>																			
Normas	<input type="checkbox"/>																			
Documentos específicos sobre calibración	<input type="checkbox"/>																			
Documentos específicos sobre uso del equipo	<input type="checkbox"/>																			
Otros	<input type="checkbox"/>																			
3.3.-	¿De qué organismos proceden? (si responde <i>otros</i> , especificar)	<table border="1"> <tr> <td>CEM</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>AENOR</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>AEC</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SCI</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					CEM	<input type="checkbox"/>	AENOR	<input type="checkbox"/>	AEC	<input type="checkbox"/>	SCI	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>				
CEM	<input type="checkbox"/>																			
AENOR	<input type="checkbox"/>																			
AEC	<input type="checkbox"/>																			
SCI	<input type="checkbox"/>																			
Otros	<input type="checkbox"/>																			
3.4.-	En el caso de documentos específicos de calibración, ¿cuál es su grado de utilización?	MB <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	MA <input type="checkbox"/>														
3.5.-	Al elaborar documentación interna ¿en que medida se basa en los documentos específicos de dichos organismos?	MB <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	MA <input type="checkbox"/>														
3.6.-	¿A que nivel de detalle, rigor y completitud considera que se desarrolla la descripción del método principal de calibración?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>														
3.7.-	¿Cómo contempla el establecimiento de las distintas componentes de incertidumbre, justificando las aportaciones o exclusiones?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>														
3.8.-	¿A qué nivel de adecuación considera que se encuentran los ejemplos de aplicación que incorpora?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>														
3.9.-	Evalúe de forma general la "calidad" de los contenidos en cuanto a rigor, detalle y claridad de exposición	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>														
3.10.-	En resumen, evalúe de forma global el contenido de dicho documento de acuerdo a sus expectativas de uso	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>														

5.3 Selección de encuestados

El siguiente punto a considerar en este proceso corresponde a la selección de los expertos que van a configurar la muestra de encuestados. Dado que lo que se pretende es obtener la mayor información posible acerca del grado de utilización de las tipologías documentales consideradas, así como de la valoración que de las mismas proporcionan, es necesario disponer, en la medida de lo posible, de una muestra que represente de la mejor forma posible el universo de usuarios potenciales.

De acuerdo a esto, se van a abordar las distintas actividades más estrechamente relacionadas con los trabajos metrológicos, ya sean en su faceta docente, investigadora, industrial o incluso comercial. Estas actividades se desarrollan fundamentalmente en universidades, laboratorios y empresas, por lo que serán estos entornos de los que se extraiga la relación de usuarios a consultar.

Por otra parte, un metrólogo no suele trabajar de forma aislada en un ámbito concreto, sino que en la mayoría de las ocasiones realizan actividades diversas, lo cual supone que es muy probable que hayan utilizado documentación de las distintas tipologías evaluadas. Esta situación constituye una importante ventaja, ya que se favorece el hecho de que puedan cumplimentar el conjunto de los cuatro bloques en su totalidad.

De cualquier forma, cada encuestado en el inicio de este proceso, debe definir su marco de trabajo concreto y la actividad principal que desarrolla, ya que esta información es imprescindible para la posterior gestión y análisis de los resultados obtenidos. Si se diera el caso de una misma persona con dos perfiles distintos, claramente diferenciados y equiparados en importancia, se le podría sugerir la realización de la encuesta atendiendo a cada uno de ellos, por lo que se admitirían dos evaluaciones procedentes de la misma fuente.

Una vez considerados los perfiles evaluadores, el siguiente paso corresponde al establecimiento de criterios que definan la elección en cada uno de los entornos considerados. En relación al ámbito universitario, es necesario tener en cuenta la diversidad geográfica y no centrarse en un círculo muy restrictivo, de forma que el proceso se vea favorecido por la aportación de cada participante en cuanto a la forma particular de trabajo de su situación.

Además, el número de encuestados a nivel universitario será mayor que en el resto, ya que normalmente en este ámbito se suelen desarrollar actividades tanto docentes como de laboratorio, ya sea en relación con la investigación, o en la prestación de servicios metrológicos.

En cuanto a empresas, es aconsejable recurrir a distintos sectores industriales; así es posible aumentar el campo de aplicación de las tipologías documentales consideradas. Esto conlleva la ventaja de ampliar el abanico de documentos objeto de evaluación, y por tanto, de enriquecer los resultados.

Por último, dentro del conjunto de posibles laboratorios participantes, se han tenido en cuenta tanto a los que están acreditados como a los que no poseen esta condición. Esta distinción está basada en el hecho de que los criterios utilizados para la evaluación de un determinado tipo de documento pueden estar condicionados por el grado de actuación que se haya tenido que realizar sobre él, sobre todo si esta actuación forma parte del cumplimiento de un requisito determinado, que además va a ser auditado por agente externo al propio laboratorio. Por ello, aunque ambos tipos de laboratorios puedan partir de los mismos documentos de referencia, la visión particular de cada uno resulta muy beneficiosa, ya que permite un campo de valoraciones más significativo, y por tanto, mayor fiabilidad en los resultados finales.

Como último punto de este proceso cabe establecer el número de consultas que se van a llevar a cabo, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores. La muestra debe ser suficientemente significativa para poder inferir resultados fiables, que representen al ámbito más global posible, pero no es aconsejable que sea muy extensa, ya que puede provocar una excesiva demora en el tiempo de respuesta, lo cual puede entorpecer el desarrollo del proceso.

Por tanto, se confeccionará un listado con los posibles participantes que puedan formar parte de la muestra de estudio. Se considera que un número adecuado de participantes puede estar entre 15 y 25, ya que los consultados son expertos en la materia y, por tanto, elementos muy seguros y fiables en cuanto a las respuestas ofrecidas. Esta situación permite optimizar el tamaño de la muestra, reduciendo así el inconveniente indicado anteriormente sobre la demora del proceso.

Elegidos los destinatarios, la encuesta será remitida en modo formulario protegido, acompañada de una serie de instrucciones básicas que aseguren la uniformidad de su cumplimentación. Asimismo, una vez remitidos los cuestionarios a través de correo electrónico, se establecerá un período inicial de recepción, a partir del cual se enviarán dos recordatorios. Si después del último no se recibe respuesta en un breve plazo (una semana), quedará descartada dicha participación.

Si del total enviado, al final del período de trabajo de campo, no se ha recibido al menos el 70%, será necesario designar nuevos participantes, siempre intentando cumplir con los criterios de selección establecidos, hasta completar la muestra necesaria.

5.4 Gestión de registros

Una vez transcurridos los plazos establecidos, de las 25 encuestas enviadas se recibieron un total de 20, por lo que se consideró finalizado el proceso consultivo. La tabla

Tabla 5.2, recoge el número total de consultados, distribuidos según su campo de trabajo y las funciones principales que desempeñan. No es de extrañar que el mayor valor corresponda al ámbito de actuación universitario, ya que su mayor peso ha sido buscado conscientemente. Por otra parte, en la tabla se han identificado los datos proporcionados por los propios consultados, lo que explica que aparezcan algunos ámbitos de trabajo y actividades aparentemente sin consultar. Esto en realidad no es así ya que consta, por una parte, que varios consultados pertenecían en realidad a organismos oficiales y, por otra, que otros realizaban también actividades de fabricación. Tal y como se ha justificado previamente, este grupo de encuestados se ha considerado especialmente interesante por la versatilidad de sus actividades.

Tabla 5.2 Número de encuestados según ámbito de trabajo y actividad

Entidad	Empresa	9
	Universidad	14
	Organismos	0
	Otros	0
Actividad	Calidad	7
	Docencia	11
	Laboratorio	5
	Producción	0
	Otros	1

En cuanto a las funciones o actividades desempeñadas, destacan las docentes y las realizadas en laboratorios. No es casualidad, ya que conviene recordar que, además de la empresa, en el marco universitario se suele presentar con frecuencia la posibilidad de este doble perfil de funciones, debido a la existencia de laboratorios metrológicos, algunos de los cuales tienen acreditadas sus actividades.

Una vez agrupados los datos que se han extraído del conjunto de encuestas recibido, en la Tabla 5.3 a 5.6, se muestra el acumulado de los resultados para cada uno de los apartados de la misma, correspondientes a las tipologías General, Normativa, Calibración y Medición, respectivamente. Un estudio más extenso se presenta en el Anexo C.

Tabla 5.3 Resumen resultados consultas. Bloque general

1.- General		Frecuencia	
1.1.-	¿Cuál es su ámbito de trabajo? (si responde otros, especificar)	Empresa	9
		Universidad	14
		Organismos	0
		Otros	0
1.2.-	¿De forma principal, en qué departamento de su empresa, relacionado con la metrología, participa?	Calidad	7
		Docencia	11
		Laboratorio	5
		Producción	0
		Otros	1
1.3.-	¿Qué tipo de actividades relacionadas con la metrología suele desarrollar?	Formativa	17
		Control producción	4
		Ensayos	5
		Medición	12
		Calibración equipos	8
		Investigación	11
		Comercial	2
		Otros	1
1.4.-	¿Es usted usuario de documentación metroológica?	SI	20
		NO	0
1.5.-	De las siguientes tipologías indicadas, ¿cuáles son las que suele utilizar como recurso documental?(si responde otros, especificar)	Normas	18
		Libros	10
		Documentos generales	6
		Documentos relativos a calibración	17
		Documentos relativos al uso	5
		Catálogos	7
		Recursos electrónicos	7
		Otros	2
1.6.-	Cuando es posible, ¿utiliza normalmente documentos editados por organismos españoles reconocidos en el ámbito metroológico?	SI	19
		NO	1

Tabla 5.3 Resumen resultados consultas. Bloque general (continuación)

1.- General (cont.)		Frecuencia	
1.7.-	Si ha respondido <i>sí</i> , ¿a qué organismos nacionales suele recurrir? (si responde otros, especificar)	AENOR	14
		CEM	18
		SCI	6
		AEC	5
		Otros	5
1.8.-	Evalúe el grado de satisfacción a sus necesidades de dichos documentos	MB	0
		B	4
		M	7
		A	7
		MA	1
1.9.-	En el ámbito internacional, ¿a qué tipo de documentos suele recurrir?	Normas	16
		Libros	10
		Documentos generales	3
		Procedimientos de calibración	4
		Manuales de uso	9
		Catálogos	8
		Recursos electrónicos	8
1.10.-	En el mismo contexto, indique cuáles son los organismos que los editan	MSA	1
		ISO	11
		EA	5
		IOP	1
		NPL	3
		BIPM	5
		NIST	2
		EURAMET	1
		MITUTOYO	1
		AFNOR	2
		DIN	5
OTROS	8		

Tabla 5.4 Resumen resultados consultas. Bloque normativa

2.- Actividad normativa en el campo metrologico		Frecuencia	
2.1.-	¿Suele utilizar normas metrologicas?	SI	20
		NO	0
2.2.-	Identifique los posibles defectos que suelen presentarse en las normas (si responde otros, especificar)	Información incompleta	14
		Falta de rigor metrologico	1
		Necesidad de contrastación	2
		Información obsoleta	8
		Inadecuada estructura de contenidos	6
		Otros	3
2.3.-	¿Suelen utilizar un lenguaje sencillo y adecuado en relación a los contenidos que se están desarrollando?	D	1
		I	1
		M	11
		B	7
		E	0
2.4.-	¿Aportan información básica acerca del objeto normalizado?	D	0
		I	2
		M	5
		B	12
		E	1
2.5.-	¿Establecen las normas claramente los requisitos metrologicos a cumplir?	D	0
		I	2
		M	8
		B	10
		E	0
2.6.-	¿Suelen utilizar las normas parámetros de evaluación convenientes?	D	1
		I	0
		M	13
		B	5
		E	0

Tabla 5.4 Resumen resultados consultas. Bloque normativa (continuación)

2.- Actividad normativa en el campo metroológico (cont.)		Frecuencia	
2.7.-	La evaluación respecto a dichos parámetros, ¿aporta en general una adecuada visión de grado de cumplimiento con los requisitos establecidos?	D	1
		I	2
		M	8
		B	8
		E	0
2.8.-	¿Suelen incluir estos documentos algún tipo de recomendaciones en relación al objeto normalizado?	D	1
		I	7
		M	7
		B	4
		E	0
2.9.-	En cuanto a generalización de uso ¿Cómo valora el alcance de aplicación de las normas que utiliza?	D	0
		I	3
		M	7
		B	10
		E	0
2.10.-	Indique en términos generales su grado de satisfacción en el uso de las mismas	MB	0
		B	3
		M	11
		A	6
		MA	0

Tabla 5.5 Resumen resultados consultas. Bloque calibración

3.- Actividad calibración		Frecuencia	
3.1.-	¿Cuál es su grado de participación en actividades de calibración?	MB	2
		B	7
		M	3
		A	4
		MA	4
3.2.-	¿Qué tipo de recursos documentales emplea? (si responde otros, especificar)	Manual fabricante	11
		Libros	6
		Normas	12
		Documentos específicos sobre calibración	18
		Documentos específicos sobre uso del equipo	7
		Otros	1
3.3.-	¿De qué organismos proceden? (si responde otros, especificar)	CEM	16
		AENOR	11
		AEC	3
		SCI	6
		Otros	8
3.4.-	En el caso de documentos específicos de calibración, ¿cuál es su grado de utilización?	MB	1
		B	3
		M	3
		A	8
		MA	5
3.5.-	Al elaborar documentación interna ¿en que medida se basa en los documentos específicos de dichos organismos?	MB	0
		B	1
		M	4
		A	8
		MA	7
3.6.-	¿A que nivel de detalle, rigor y completitud considera que se desarrolla la descripción del método principal de calibración?	D	0
		I	1
		M	2
		B	15
		E	2

Tabla 5.5 Resumen resultados consultas. Bloque calibración (continuación)

3.- Actividad calibración (cont.)		Frecuencia	
3.7.-	¿Cómo contempla el establecimiento de las distintas componentes de incertidumbre, justificando las aportaciones o exclusiones?	D	0
		I	3
		M	7
		B	9
		E	1
3.8.-	¿A qué nivel de adecuación considera que se encuentran los ejemplos de aplicación que incorpora?	D	0
		I	2
		M	9
		B	8
		E	1
3.9.-	Evalúe de forma general la "calidad" de los contenidos en cuanto a rigor, detalle y claridad de exposición	D	0
		I	2
		M	4
		B	13
		E	1
3.10.-	En resumen, evalúe de forma global el contenido de dicho documento de acuerdo a sus expectativas de uso	D	0
		I	2
		M	2
		B	15
		E	1

Tabla 5.6 Resumen resultados consultas. Bloque uso

4.- Actividad uso		Frecuencia	
4.1.-	En su actividad normal, ¿cuál es su nivel de uso de equipos metrológicos?	MB	0
		B	1
		M	6
		A	9
		MA	4
4.2.-	¿En qué tipo de actividades?	Control producción	3
		Mantenimiento	0
		Calibración	12
		Medición	16
		Verificación	11
		Otros	5
4.3.-	¿Cuál es el nivel de utilización de documentación relativa a dichos equipos?	MB	0
		B	2
		M	9
		A	6
		MA	3
4.4.-	¿Qué tipo de recursos documentales emplea? (si responde otros, especificar)	Manual fabricante	14
		Normas	16
		Documentos externos relativos al uso del equipo	7
		Documentación interna	12
		Otros	2
4.5.-	En general, ¿qué tipo de información suele necesitar con mayor frecuencia en relación a un determinado equipo? (si responde otros, especificar)	Descripción de equipo	8
		Descripción de método de medición	18
		Manipulación	10
		Mantenimiento y almacenaje	5
		Incertidumbre de uso	14
		Verificaciones intermedias	6
		Formación de usuarios	3
		Otros	0

Tabla 5.6 Resumen resultados consultas. Bloque uso (continuación)

4.- Actividad uso (cont.)		Frecuencia	
4.6.-	Si utiliza documentación específica sobre uso de equipos, publicada por organismos o entidades nacionales. Identifique cuál/es. (si responde otros, especificar)	CEM	12
		AENOR	9
		AEC	4
		SCI	3
		Otros	5
4.7.-	Evalúe el grado en que dicha documentación contempla contenidos relativos a la descripción física y funcional del equipo y desarrollo de los métodos de medición con dicho equipo	D	0
		I	2
		M	8
		B	6
		E	1
4.8.-	¿Y en cuanto a información relativa a la manipulación, mantenimiento y almacenaje del mismo?	D	1
		I	5
		M	9
		B	2
		E	0
4.9.-	¿En qué grado se contemplan contenidos relativos al cálculo de la incertidumbre global de uso y verificaciones intermedias entre calibraciones?	D	2
		I	6
		M	5
		B	4
		E	0
4.10.-	En resumen, evalúe de forma global el contenido de dicho documento de acuerdo a sus expectativas de uso	D	0
		I	5
		M	7
		B	5
		E	0

5.5 Valoración de resultados

La gestión de los resultados parciales correspondientes a cada una de las consultas individuales realizadas, va a permitir la identificación del nivel de cumplimiento de las diversas tipologías documentales en relación a las distintas variables consideradas. Estas variables corresponden al nivel de uso, al grado de satisfacción o a los organismos a los que se recurre. Las conclusiones pueden ser consideradas de forma diferenciada según los bloques establecidos, quedando recogidas en los siguientes apartados.

A. General

Como ya se dijo anteriormente, la mayor parte de los encuestados tienen como ámbito principal de trabajo la universidad, aunque algunos consideran en igualdad de condiciones su trabajo en la empresa. La opción *organismos* no ha sido elegida por ninguno, por lo que, aunque sí es cierto que en algunos casos los encuestados participan en actividades documentales en el seno de ellos, no las consideran suficientemente relevantes como para identificarse de forma principal con las mismas. También se da el caso de que parte de las encuestas no recepcionadas proceden de este ámbito.

En cuanto al entorno de trabajo, evidentemente la docencia es mayoritaria, pero además quedan identificados dos contextos claramente relacionados con la metrología, los laboratorios y los departamentos de calidad. Esta situación supone una gran ventaja en cuanto a la bondad de resultados ya que se realizan evaluaciones en base a tres actividades donde los recursos documentales son herramientas constantes e imprescindibles en el desarrollo de las mismas.

En relación a la tipología documental, se confirma que las normas y los documentos de calibración son utilizadas por la práctica totalidad de los encuestados. Para los documentos específicos sobre el uso de equipos, su baja puntuación se debe a que son bastante menos numerosos, si bien es cierto que esta inferioridad es compensada con el amplio uso de libros, sin olvidar la utilización de un abanico importante de recursos electrónicos.

Por otro lado, los organismos españoles a los que más recurren los usuarios son el Centro Español de Metrología y la Asociación Española de Normalización, lo cual pone de claro manifiesto su posición como referencia nacional en cuanto a la utilización de los recursos documentales que generan.

En el ámbito internacional, la Organización Internacional de Normalización, ISO, es la más referenciada, debido fundamentalmente a la diversidad de actividades que aglutina. También es destacable el Bureau Internacional de Pesas y Medidas, BIPM, y en el entorno europeo la organización EA (European Cooperation for Accreditation).

B. Actividad normativa

Sin excepción, todos los encuestados son usuarios de documentos normativos, obteniéndose una valoración media en cuanto a grado de satisfacción general. Los aspectos mejor evaluados corresponden a la información básica que aportan sobre el objeto normalizado, el establecimiento y evaluación de los requisitos y la importancia de su alcance de aplicación. Estos datos son significativos ya que demuestran que estos recursos son adaptables a los distintos niveles de usuarios que acceden a ellos, desde los que poseen formación básica a los más especializados, y que en el uso de las norma, es muy importante la unificación de contenidos respecto de documentos homólogos para generalizar su aplicación en los distintos entornos de usuario.

La valoración más negativa (aportación de recomendaciones) identifica lo excesivamente genéricos que suelen ser los documentos normativos, careciendo de la información necesaria para permitir cumplir adecuadamente los requisitos establecidos, lo cual corresponde totalmente con el defecto más votado por los encuestados, la falta de una completa información en dichos documentos.

Los otros defectos especialmente identificados son el carácter obsoleto y la inadecuada estructura de contenidos, ambas relacionadas en la mayoría de las normas antiguas. Actualmente son desarrolladas de forma secuenciada sus contenidos, de acuerdo a una estructura adecuadamente definida y unificada.

En resumen, los documentos normativos se presentan como un recurso imprescindible en la actividad metroológica, utilizado en los diferentes entornos de trabajo y accesible a los distintos niveles de usuario.

C. Actividad calibración

En este contexto, existe una gran variedad de respuesta en cuanto al grado de participación en este tipo de actividad, pero se hace mayoritario el conjunto medio-alto-muy alto frente al resto, lo cual garantiza la fiabilidad en la evaluación de este tipo de recurso.

Es mayoritaria la utilización de documentos específicos de calibración, aunque de las respuestas se deduce que están apoyados significativamente por las normas y por la información proveniente del fabricante. Siguiendo esta línea, el Centro Español de Metrología (CEM) es la máxima referencia utilizada, junto a la Asociación Española de Normalización (AENOR).

El resto de entidades consideradas son identificadas minoritariamente. En concreto, para el caso del Sistema de Calibración Industrial (SCI), la razón puede estar en el hecho de que los procedimientos CEM han ido progresivamente sustituyéndolos, debido a que éstos desarrollan sus contenidos de acuerdo a las recomendaciones internacionales establecidas, los documentos *Guide to the Expression of Uncertainty in*

Measurement (GUM) y *Expressions of the Uncertainty of Measurements in Calibration*, (EA-4/02), los cuales son utilizados de forma mayoritaria, siendo además de aplicación obligatoria en el caso de entidades acreditadas.

En cuanto a las evaluaciones realizadas, los resultados obtenidos se sitúan claramente por encima de la media en la práctica totalidad de las preguntas, mostrándose altamente coincidente el alto nivel de adecuación en aspectos tales como la descripción del principal método de calibración, así como del rigor, sencillez y claridad de los contenidos desarrollados. El punto valorado más moderadamente es el relativo a los ejemplos de aplicación, quizás porque el usuario espera aplicaciones prácticas sobre apartados o conceptos puntuales, más que el desarrollo general de una calibración completa, que al final siguen dejando lagunas en los aspectos más controvertidos, y por tanto con más necesidad de aclaración.

En resumen, se deduce de los resultados que los procedimientos de calibración desarrollados por el CEM se posicionan como un excelente punto de partida en cualquier proceso de calibración, permitiendo identificar claramente las distintas etapas del mismo, si bien, en muchas ocasiones, se hace necesario “depurar”, adecuar, y en ocasiones corregir, la información que proporcionan.

D. Actividad uso

A igual que en los casos anteriores, en este último bloque también se infiere claramente que esta actividad está claramente sustentada en la utilización de los distintos recursos documentales existentes, si bien hay una elevada tendencia a la generación de documentación propia, seguramente basada en los distintos documentos externos disponibles, bien sean normas, documentación del fabricante o documentos específicos. La causa puede estar fundada en la no existencia de documentación externa suficientemente robusta que permita utilizarla de forma exclusiva, ni siquiera como una referencia bien definida.

Por ello, son identificados, en mayor o menor medida, pero siempre de forma significativa, el total de los recursos indicados, por lo que puede deducirse que es usual la utilización combinada de tipologías diversas para desarrollar documentalmente dicho proceso.

Es curioso el hecho de que, a pesar de ser las normas el tipo de documento más votado, es el CEM el organismo al que más se recurre, aunque la diferencia es pequeña. Quizás la razón esté en la mayor adecuación de los documentos emitidos por este organismo en cuanto a la inclusión de información más variada y específica, pudiéndose configurar las normas como un referente para situar inicialmente el equipo considerado y disponer de información general acerca del mismo.

También es relevante que los documentos relativos al uso editados por el CEM están fuertemente apoyados en los procedimientos de calibración correspondientes, con los

que normalmente el usuario ya se siente familiarizado, y por tanto le facilita su aplicación.

Los aspectos de mayor importancia para los encuestados están referidos al método de medición, la manipulación del equipo y la incertidumbre global de uso, aunque la totalidad de actuaciones que pueden realizarse han sido consideradas, ya sea en mayor o menor medida. La variedad de respuestas puede estar causada por la diversa procedencia de los encuestados, que hace también variada la información requerida.

Por otro lado, se constata que las valoraciones son sustancialmente diferentes al caso anterior, con resultados bastante negativos en casi todas las cuestiones, lo cual vuelve a poner de manifiesto la insuficiente e inadecuada aportación de los documentos de este grupo.

5.6 Consideraciones finales

Una vez realizado el análisis de los resultados parciales correspondientes a cada uno de los bloques, puede extraerse una serie de conclusiones que va a definir cuál es, en líneas generales, la importancia que tienen los recursos documentales objeto de este trabajo en las distintas actividades metrológicas, tanto a nivel de uso, como de satisfacción en cuanto a expectativas de contenido.

En este sentido, podemos realizar las siguientes consideraciones:

- La utilización de documentación metrológica es una práctica indispensable en cualquier actividad realizada en este campo. Además, la mayor parte de los encuestados son usuarios de las tipologías documentales que van a ser valoradas posteriormente, lo cual favorece la fiabilidad de los resultados obtenidos.
- Las normas son los documentos más utilizados en cualquier campo de trabajo, fundamentalmente las editadas por el organismo nacional AENOR, pero sin olvidar las procedentes del ámbito internacional, ISO.
- En el ámbito de la calibración, los procedimientos de calibración editados por el CEM se posicionan como una referencia imprescindible para el desarrollo del proceso de calibración, siendo además muy positiva la valoración que de estos documentos se realiza.
- En la práctica general del uso de un equipo, las respuestas aportadas ponen de manifiesto que no existe documentación externa suficientemente adecuada que cubra las necesidades, quizás debido a la amplitud de este campo, por lo que se hace casi imposible abordarlo de forma completa, pero también por el hecho de que la documentación existente no haya sido concebida para este fin, sino más bien como complemento a la que existe para la otra actividad.

Capítulo 6

PROPUESTA METODOLÓGICA

6 PROPUESTA METODOLÓGICA

6.1 Introducción

Como ya se ha visto anteriormente, en el desarrollo del análisis inicial ha quedado patente que es posible definir una cierta estructura de análisis. De esta forma, los contenidos pueden ser evaluados bajo unos criterios similares, facilitando la realización de posteriores valoraciones comparativas.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que en esta primera evaluación los apartados que componen la estructura de análisis recogen aspectos muy generales, sin considerar de forma detallada características que pueden afectar de forma específica a los documentos que regulan las diferentes actividades. Por ello, esta primera estructura puede servir de base para el diseño de la metodología de análisis que se pretende desarrollar, sobre todo en la definición de parámetros comunes de análisis. Pero además, es necesario considerar de forma diferenciada la evaluación de los documentos en aquellos contenidos que sean propios de la tipología a la que pertenece.

Por otro lado, la consulta externa ha dejado patente que, del conjunto de fuentes documentales a las que suelen recurrir, son las tipologías definidas en el análisis inicial las más consultadas. Por tanto, queda nuevamente justificada la conveniencia de considerar evaluaciones independientes según la actividad desarrollada. En cuanto a los emisores de documentos, se identifican los organismos nacionales considerados como las referencias más usuales, por lo que puede ser validada la selección realizada inicialmente.

En cuanto a las evaluaciones de contenidos realizados, los resultados obtenidos en ambos procesos pueden ser comparables, siempre teniendo en cuenta que el primero se aplica a un caso concreto, y el segundo es general. Se constata que los documentos constituyen una imprescindible referencia documental, pero no aportan de forma completa, unificada y rigurosa, la base necesaria para el desarrollo de la actividad que se contempla en los mismos. Por tanto, el grado de satisfacción en su uso podemos situarlo en un nivel medio, o medio alto, según el documento considerado.

En definitiva, tomando como referencia las conclusiones derivadas de la realización de los procesos anteriores, se considera claramente justificada la generación de una metodología de análisis y evaluación de contenidos metrológicos. Dicha metodología debe diseñarse para tener una aplicación lo más generalizada posible. Con ello se pretende poner a disposición de cualquier usuario una herramienta que permita realizar una valoración objetiva de un determinado documento, aplicado a un instrumento concreto. Se trata por tanto de generar una metodología que pueda convertirse en un “patrón de análisis”. Este patrón va a permitir poner a disposición de cualquier usuario una herramienta genérica de evaluación que facilite la sistematización y unificación del proceso de análisis. Esta metodología proporcionará además una ventaja adicional, la capacidad para realizar evaluaciones comparativas entre documentos homólogos, reforzando aún más el proceso de análisis.

6.2 Diseño de la metodología de evaluación

Como ya ha quedado justificado anteriormente, la división basada en las principales tipologías documentales, es la más adecuada para la configuración de la estructura de análisis que se pretende desarrollar. Asimismo, es necesario considerar una parte común a todas que considere aquellos aspectos que un documento debe recoger, sea cual sea su destino. Estos aspectos generales se refieren no sólo al equipo que aplica, sino a las propias características del documento, las cuales pueden ser de carácter puramente descriptivo, o pueden estar sujetas a valoración, bien sea individualmente o en relación con su documento homólogo.

En cuanto a los contenidos que deben ser abordados en el estudio, se contemplan aspectos que van desde la propia identificación y morfología del equipo, a los que describen sus condiciones de uso y mantenimiento, o las propias exigencias formativas para los usuarios de los mismos. Asimismo, son objeto de análisis los contenidos relativos a actividades necesarias para llevar a cabo su calibración, identificando en ocasiones las condiciones de conformidad de los resultados con las distintas especificaciones que les son de aplicación.

Por tanto, es necesario realizar una clasificación lo más rigurosa posible, de forma que en cada bloque queden contemplados los requisitos específicos que apliquen a cada tipología establecida. Asimismo, cuando quede claramente identificado que un determinado requisito pueda, o tenga que aplicarse al total de documentos, éste quedará incluido en el bloque de aspectos generales.

Los requisitos de contenidos van a identificar la información que se considera que un determinado tipo de documento debería contemplar, de forma que la actividad que regula quede completa y adecuadamente desarrollada en cualquiera de sus facetas, ya sea de identificación, referencial, etc. Es decir, el análisis debe estar basado en las expectativas de contenido que un usuario potencial espera de esa documentación.

Dichas expectativas quedarán definidas a través de los denominados *criterios de evaluación*.

Por tanto, de acuerdo a estas consideraciones, para el diseño de la metodología de análisis de las distintas fuentes documentales consideradas, se van a establecer tres niveles claramente diferenciados en cuanto a su ámbito de aplicación, cada uno de los cuales contempla un tipo de análisis a desarrollar. Estos son:

- Análisis general
- Análisis de coherencia interna
- Análisis de compatibilidad externa

6.3 Análisis general

Mediante el análisis general se pretende identificar los aspectos más formales que se contemplan en los documentos. La metodología utilizada para su caracterización se establecerá enfocada a tres cuestiones básicas, como son la denominación, estructura de contenidos y relación temporal de los documentos seleccionados.

Con la primera parte de este nivel de estudio se buscará obtener una visión general de cómo los documentos identifican, a través de su título, los contenidos que se desarrollan, o que al menos se pretenden desarrollar en relación al instrumento considerado.

Una vez realizado el análisis en cuanto a designación, se procederá a evaluar la estructura en la que se encuadran los contenidos desarrollados. Para realizar este análisis se agruparán los documentos en función de su tipología, con el objeto de realizar un estudio comparativo atendiendo a los objetivos que se pretende en cada uno. Para ello, se considerarán las tres tipologías ya definidas, conformando las siguientes agrupaciones:

- Normativa (Normas)
- Calibración (Procesos o procedimientos de calibración)
- Operativa (Manuales de uso o consejos)

La metodología general aplicada a la comparación de estructura de contenidos se implementará en base a tablas similares a las del esquema de la Tabla 6.1, que tendrá tantas columnas como documentos homólogos se estén considerando:

Tabla 6.1 Esquema de tabla comparativa

Contenidos	Documento A	Documento B
Denominación apartado 1		X
Denominación apartado 2	X	X
...
Denominación apartado n	X	

Lo que permitirá caracterizar el grado de similitud existente entre las estructuras con las que se generaron cada pareja de documentos.

Finalmente, el análisis de las relaciones temporales existentes se desarrollará caracterizando las fechas de edición de los documentos y tratando de identificar la posible existencia de cierta trazabilidad entre los mismos. Para ello se empleará una representación tabulada de la relación cronológica de la documentación de acuerdo al formato de la Tabla 6.2, apareciendo en columnas dichos documentos ordenados según su fecha de edición, y en filas las relaciones con la documentación referenciada por éstos.

Tabla 6.2 Esquema de relación cronológica de referencias

Referencias	Año	Documento 1	Documento 2	...	Documento n
Referencia 1		↑			
Referencia 2			X		
Referencia m		X			X

Donde el símbolo “X” identificará que la citada referencia aparece recogida en el documento correspondiente y el símbolo “↑” el caso particular de que se haga referencia a uno de los documentos que están siendo analizados en este trabajo.

6.4 Análisis de coherencia interna

Con esta segunda etapa se realizará un estudio de los contenidos de cada documento de forma individualizada. Dicho estudio se basará en expectativas, es decir, lo que se espera que contenga cada uno de ellos, según su tipología. Los resultados proporcionarán el grado de cumplimiento de los contenidos frente a las expectativas definidas. Se pretende que el estudio realizado permita poner de manifiesto la capacidad de un documento para cubrir unas determinadas necesidades, identificando las carencias y la falta de calidad de la información que proporcionan.

De acuerdo con ello, el primer paso consistiría en el planteamiento de una serie de preguntas básicas, cuyas respuestas configurarían las referidas expectativas que un usuario potencial de este tipo de documento esperaría satisfacer. En base a ellas se va a concretar la definición de los ya referidos “*criterios de evaluación*”, que serán los responsables de proporcionar los requisitos exigibles a los distintos contenidos, siempre de acuerdo a las expectativas definidas.

En esta definición de criterios es necesario tener en cuenta las consideraciones realizadas anteriormente acerca del entorno general o específico en el que un determinado contenido puede encuadrarse. Por ello, se van a considerar dos tipos de criterios: comunes y específicos, de forma que se evalúen por un lado los contenidos generales, que son imprescindibles sea cual sea el carácter del documento, y por otro los que son sólo aplicables a una determinada tipología documental, que por su naturaleza, contemplan, o deben contemplar, el tipo de información que recoge dicho criterio.

Cada criterio debe recoger un aspecto, o conjunto de ellos, que pueda ser claramente identificado, y valorado lo más objetivamente posible, evitando incluir parámetros demasiado específicos, propios de situaciones muy especiales. Como ya se ha dicho anteriormente, se trata de generar un patrón de análisis, por tanto, siempre que sea posible debe primar el carácter generalista. Además, cuando sea necesario, partiendo de esta metodología inicial, es completamente factible la incorporación de nuevos criterios que permitan la evaluación de aquellos aspectos particulares relativos a un determinado equipo, o a una situación concreta.

De acuerdo con este planteamiento, se consideran diez criterios de evaluación aplicables a cada tipología documental, cuatro de ellos comunes y seis específicos. La Tabla 6.3 recoge la terminología y abreviaturas a emplear para la identificación de los distintos criterios.

Como puede observarse en dicha tabla, salvo en el caso de las normas, que tienen identificación única, el resto de los documentos se designan de forma diferente, aun siendo de la misma tipología (procedimiento frente proceso de calibración, manual de uso frente a Consejo para la Práctica). Con objeto de simplificar su identificación, en

adelante se adoptarán de forma única los términos Procedimiento y Manual de uso para la designación del grupo considerado.

Tabla 6.3 Grupos de criterios de evaluación

Criterio	abreviatura
Criterios comunes de evaluación	CCE
Criterios específicos de evaluación para norma	CEN
Criterios específicos de evaluación para procedimiento/proceso	CEP
Criterios específicos de evaluación para manual/consejo	CEM

Una vez definida la forma en que van a ser identificados los distintos grupos de criterios, de acuerdo al tipo de contenidos que evalúen, debe establecerse igualmente, dentro de cada grupo, la designación de cada criterio. La forma más simple es asignar un número a continuación de las siglas identificativas del grupo al que pertenece ese conjunto de criterios y junto a él describir el tipo de contenidos que va a ser objeto de evaluación en base a dicho criterio. Toda esta información queda recogida en la Tabla 6.4.

Como puede verse, los criterios definidos permiten realizar una detallada y completa evaluación de contenidos de forma secuenciada, desde los aspectos más generales hasta los apartados más específicos. Esto puede facilitar de forma importante el desarrollo de cualquier actividad, ya que permite identificar hasta qué nivel puede ser utilizado un determinado documento, ya sea en el total de contenido que aporta, o en la calidad de los mismos.

Sin embargo, en ocasiones puede ocurrir que, debido a lo escueto de la propia definición del criterio, no quede suficientemente claro cuál es el alcance que debe ser considerado en la evaluación del contenido afectado, lo cual puede afectar negativamente al proceso evaluador ya que puede favorecer una cierta falta de unificación en la aplicación del mismo.

Para evitar estas situaciones nada aconsejables, es necesario incluir, junto a cada criterio, una breve explicación acerca del tipo de contenido que se pretende valorar en relación a él. De esta forma, la aplicación de los criterios se realiza de una forma más homogénea, lo que permite conseguir un mayor grado de objetivación en la aplicación de los parámetros evaluadores, lo cual supone una ventaja muy importante para la validez del proceso.

Tabla 6.4 Criterios de evaluación

Criterios Comunes		CCE1	Identificación. Tipología. Clasificación
		CCE2	Terminología
		CCE3	Trazabilidad de documentos. Fuentes
		CCE4	Generalidades (principio de funcionamiento)
Criterios Específicos	Normas	CEN1	Actualización de documento
		CEN2	Características constructivas
		CEN3	Requisitos funcionales
		CEN4	Comprobación requisitos
		CEN5	Recomendaciones de uso
		CEN6	Correspondencia con otras normas (alcance de aplicación)
	Procedimientos	CEP1	Identificación métodos de calibración
		CEP2	Descripción de procedimiento de calibración principal
		CEP3	Protocolo de calibración
		CEP4	Cálculo de incertidumbre
		CEP5	Tratamiento de resultados
		CEP6	Explicaciones de aplicación. Ejemplos
	Manuales de uso	CEM1	Descripción
		CEM2	Manipulación y medición
		CEM3	Mantenimiento y almacenaje
		CEM4	Incertidumbre de uso. Verificaciones intermedias
		CEM5	Explicaciones de aplicación. Ejemplos
		CEM6	Cualificación y/o formación y entrenamiento

De acuerdo a ello, los criterios de evaluación queda desarrollados por las siguientes características evaluadoras:

A. Criterios Comunes Evaluados

- **CCE1: Identificación. Tipología. Clasificación**
Caracterizar de forma genérica al equipo y especificar sobre el mismo de acuerdo al alcance objeto del documento. Identificar el conjunto de equipos

dentro del cual queda encuadrado dicho instrumento. Se valora positivamente la utilización de codificación.

- **CCE2: Terminología**
Incorporar definiciones relativas a elementos propios del equipo y conceptos metrológicos de carácter general e identificar la terminología utilizada en el documento, todo ello de acuerdo al vocabulario y documentos de referencia de carácter internacional.
- **CCE3: Trazabilidad de documentos. Fuentes**
Identificar bibliografía utilizada según carácter del documento. Especificar referencias en las que se apoya el mismo. Se valora positivamente la “riqueza de fuentes” y el carácter de las mismas.
- **CCE4: Generalidades (principio de funcionamiento)**
Realizar breve descripción del método de medida en el que está basado el equipo. Si pueden aplicar varios, indicación de los elementos diferenciadores.

B. Criterios Específicos

I. Normas

- **CEN1: Actualización de documento**
Valorar la actualización del documento de acuerdo a la actualización de los documentos trazables o de la situación actual de contenidos a los que aplica. Valorar especialmente las normas de referencia que han sido actualizadas. Considerar la situación de normas integradas en el sistema GPS, o en otra familia de normas.
- **CEN2: Características constructivas**
Describir el conjunto de elementos que componen el equipo, identificando los requisitos de diseño aplicables.
- **CEN3: Requisitos funcionales**
Identificar y especificar los parámetros que van a definir los requisitos a cumplir en la actividad metrológica del equipo.
- **CEN4: Comprobación requisitos**
Desarrollar la metodología a utilizar para la evaluación del cumplimiento de los requisitos funcionales, o constructivos si es necesario.
- **CEN5: Recomendaciones de uso**
Indicar precauciones a tener en cuenta para la correcta utilización del equipo y describir operaciones básicas de mantenimiento del equipo, y/o de algunas de sus componentes principales necesarias.

- **CEN6: Correspondencia con otras normas (alcance de aplicación)**
Evaluar el nivel de uso de la norma, identificar cuál es el ámbito de aplicación (nacional, regional, internacional).

II. Procedimientos de Calibración

- **CEP1: Identificación de métodos de calibración**
Identificar los métodos alternativos que pueden ser utilizados en la calibración del equipo, de acuerdo a la disponibilidad de patrones de calibración y a las características particulares del equipo.
- **CEP2: Descripción del procedimiento de calibración principal**
Desarrollar detalladamente el procedimiento más usual/ completo/ de mayor aplicación, identificando patrones y metodología a emplear.
- **CEP3: Protocolo de calibración**
Describir la operativa de calibración, identificando las etapas del proceso y describiendo el conjunto de actividades previas-durante-posteriores desarrolladas a lo largo de dicho proceso.
- **CEP4: Cálculo de incertidumbre**
Identificar las componentes de incertidumbre a considerar; justificación de las aportaciones y exclusiones consideradas.
- **CEP5: Tratamiento de resultados**
Incorporar expresiones para la cuantificación de las distintas aportaciones, identificando detalladamente cada una de las variables componentes. Justificar, si es necesario, cualquier consideración que pueda aplicarse a una componente.
- **CEP6: Explicaciones de aplicación. Ejemplos**
Describir de forma esquemática ejemplos en los que quede aplicada la metodología descrita en el procedimiento, teniendo en cuenta que el desarrollo principal se ha realizado en los apartados correspondientes.

III. Manuales de Uso

- **CEM1: Descripción**
Identificar de forma general al equipo, destacando sus componentes o características funcionales principales. Identificar los equipos o elementos auxiliares necesarios para el uso del equipo.
- **CEM2: Manipulación y medición**
Desarrollar detalladamente el proceso de medición, identificando las etapas del mismo: operaciones previas a realizar en el entorno, equipo y elementos

auxiliares; comprobaciones iniciales, funcionales o físicas; medición. Incorporación de indicaciones para la toma de registros de medición y realización de los cálculos necesarios.

- **CEM3: *Mantenimiento y almacenaje***
Identificar las operaciones necesarias para el mantenimiento correcto del instrumento, especialmente definidas aquellas que afecten a los distintos órganos componentes que son críticos en el uso del equipo. Las especificaciones relativas al almacenaje de los equipos deben referirse no sólo al espacio físico, sino también a los requisitos de identificación del equipo.
- **CEM4: *Incertidumbre de uso. Verificaciones intermedias***
Identificar las condiciones y componentes que permitan expresar la incertidumbre de trabajo del equipo. Identificar posibles alternativas en función de las condiciones de trabajo del equipo (según los requisitos de incertidumbre de uso). Identificar criterios para establecer calendario de verificaciones intermedias.
- **CEM5: *Explicaciones de aplicación. Ejemplos***
Describir de forma clara y sencilla ejemplos en los que queden aplicadas las distintas soluciones, o al menos la más general.
- **CEM6: *Cualificación y/o formación y entrenamiento***
Incorporar “guía de entrenamiento” donde se identifiquen las etapas formativas que permitan disponer de los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para obtener la cualificación adecuada en el uso de dichos equipos. Algunas de estas etapas no forman parte del contenido de este tipo de documentos (contenidos metrológicos de carácter generalista, procedimientos de calibración,...).

Por último, las valoraciones van a realizarse utilizando un índice numérico, de forma que se facilite en el análisis posterior, el tratamiento de los registros. El rango de valoración se establece de 0 a 5. La asignación numérica corresponde al nivel de tratamiento y rigor metrológico que, a juicio del evaluador, presenta cada documento en relación con cada uno de los criterios establecidos. El 0 corresponde a la situación más desfavorable, y el 5 a la más satisfactoria.

En este sentido, siguiendo un razonamiento paralelo al realizado con la definición de los criterios, es necesario tener en cuenta que, en la mayoría de los casos, la valoración numérica por sí sola puede no ser suficiente, ya que podría inducir a evaluaciones de contenidos poco rigurosas. Por ello, junto al índice numérico, en aquellos criterios que lo requieran, se aportará una breve explicación de las causas que justifican la puntuación asignada, bien de forma aislada o en comparación con el documento homólogo.

De esta forma, los resultados reflejarán, no sólo el grado de cumplimiento de los distintos documentos en cuanto a las expectativas establecidas, sino que quedará plenamente justificada la valoración que se le ha otorgado. Al igual que en el caso anterior, se contribuye de forma fundamental a favorecer la objetividad en este proceso evaluador, uno de los objetivos esenciales a conseguir en el desarrollo de esta metodología.

Las valoraciones realizadas afectan de forma global al documento y de forma particular a cada criterio. Por tanto, van a permitir identificar claramente los puntos fuertes y débiles y, como se verá más adelante, realizar evaluaciones comparativas con el resto de documentos.

Para facilitar la recogida de datos en cada una de las evaluaciones a realizar, se ha diseñado un formato de trabajo como el que se recoge en la Tabla 6.5 (adviértase que, a modo de ejemplo, los criterios específicos corresponden a los de las normas). Se consideran dos bloques principales, uno relativo a la identificación completa del documento y el otro donde quedará registrado el resultado de la evaluación, tanto el índice numérico asignado, como su justificación. Este bloque está a su vez subdividido por una parte de criterios comunes y por otra de criterios específicos.

Tabla 6.5 Formato de tabla de valoración

Valoración individual de los documentos analizados

Tipo:		Identificación:	
Título:			
Edición:		Fecha:	
Organismo:			

Criterio		Valoración	Justificación
Comunes	CCE1		
	CCE2		
	CCE3		
	CCE4		

Específicos	CEN1		
	CEN2		
	CEN3		
	CEN4		
	CEN5		
	CEN6		

6.5 Análisis de compatibilidad externa

Una vez desarrollado el análisis de contenidos de cada uno de los documentos seleccionados, se plantea la conveniencia de realizar un nuevo análisis, el cual va a permitir la realización de un estudio comparativo entre los resultados obtenidos del proceso anterior.

En este caso, se trata de establecer relaciones entre las valoraciones efectuadas, ya sea a nivel global, identificando los documentos más relevantes en cuanto a cumplimiento de requisitos, o de forma particular, poniendo de manifiesto la situación de igualdad o predominancia entre documentos homólogos.

Dado que, como se ha indicado anteriormente, las relaciones pueden considerarse de forma global o particular, es necesario identificar cómo realizar este proceso comparativo según cada caso concreto.

1. La primera evaluación se realizará sobre todos los documentos en conjunto, atendiendo a los criterios comunes que les aplica. Se relacionan por tanto, las valoraciones procedentes de la evaluación de los contenidos que cualquier documento debería considerar, independientemente de su tipología. Los resultados reflejarán el grado de compatibilidad entre los distintos documentos relacionados, quedando identificada la afinidad o diferencia en el planteamiento de sus contenidos, con objeto de conseguir un mismo fin.
2. La segunda evaluación estará centrada en la comparación entre documentos homólogos. En este caso, la comparación se realiza no sólo a nivel de puntuación total sino parcial. La comparación entre los resultados totales de los documentos relacionados establecerá la relevancia de uso del documento con mejor puntuación. Por otro lado, la valoración obtenida en cada uno de los diez criterios aplicados pondrá de manifiesto la fortaleza o debilidad de un documento frente al resto de su misma clase.

Para obtener los registros de este estudio, se parte de los resultados obtenidos en las tablas de valoración individual. El objetivo es generar tablas en las que queden combinados los resultados en la forma en la que se pretenda realizar el análisis comparativo. Esto es:

4. Tabla correspondiente a los resultados obtenidos en la valoración de los cuatro criterios comunes realizada a los documentos analizados. Se recogen en ella tanto los resultados individuales como la puntuación total obtenida por cada uno de ellos (ejemplo en Tabla 6.6). De esta forma, la información aportada permite identificar el documento más competente, ya sea a nivel del conjunto de criterios comunes, como en cada uno de ellos de forma particular.

5. Tablas donde se recogen las puntuaciones asignadas a los distintos documentos, agrupados en una tipología determinada. Los resultados también se consideran a nivel parcial y total en cada tabla generada, pero siempre referidos a documentos homólogos. El usuario, de forma rápida y sencilla, tiene información acerca de en qué relación comparativa, los documentos que utiliza como referencia contemplan los distintos aspectos que se consideran indispensables para el desarrollo de la actividad considerada.
6. Además, en ambos casos se pueden presentar gráficos de resultados, de forma que se proporcione una visión esquemática y fácilmente identificable de los valores obtenidos. Se favorece de esta forma uno de los objetivos que debe regir la aplicación de la metodología propuesta: conseguir desarrollar el proceso evaluador de una forma ágil, simple y rápida.

Tabla 6.6 Valoración criterios comunes

	DOC1	DOC2	DOCn
CCE1						
CCE2						
CCE3						
CCE4						
Total						

6.6 Recapitulación

Como resumen final, se puede concluir que la metodología propuesta va a permitir que los distintos documentos puedan ser sometidos a un estudio amplio, riguroso y exhaustivo. De esta forma, el desarrollo de una determinada actividad puede quedar respaldado por un conocimiento profundo de los documentos principales que la regulan.

La metodología está basada en la realización de un análisis a tres niveles: general, individual y comparativo, englobando en su totalidad al conjunto de aspectos que deben ser objeto de análisis en cualquier documento que vaya a ser empleado.

En el primer nivel se contemplan los aspectos generales relativos a la denominación, cronología y estructura de contenidos que cada documento utiliza. De esta forma se pretende poner de manifiesto las discrepancias y similitudes que los distintos documentos presentan en características tan básicas como las anteriormente mencionadas. Las conclusiones extraídas en este punto supondrán un claro indicador de cuáles van a ser los resultados que deriven de los análisis posteriores.

Al segundo nivel de análisis corresponde un estudio individualizado de contenidos, basado en un conjunto de criterios establecidos: generales o específicos. El objetivo es cuantificar el grado de cumplimiento de los distintos documentos en relación a dichos criterios. Los resultados van a indicar al usuario cuál es el documento que

mejor desarrolla la actividad considerada, sin olvidar que además proporcionará información relativa a los aspectos más relevantes y a los puntos débiles que presentan de cada uno de ellos.

Por último, y a la vista de los resultados obtenidos en el nivel anterior, el tercer nivel se centra fundamentalmente en la realización de un análisis comparativo entre documentos homólogos. Los resultados del mismo reflejarán el grado de compatibilidad entre contenidos que aparentemente persiguen el mismo fin, identificando el grado de superior idoneidad de un determinado documento sobre su homólogo. Este análisis comparativo complementa muy positivamente el estudio individual, ya que la información combinada que proporcionan ambos permite optimizar el proceso de selección de un documento. Es posible identificar cuál es el documento que debe ser tomado como referencia para desarrollar una determinada actividad, y qué grado de profundidad y/o fiabilidad puede aportar.

Capítulo 7

APLICACIÓN A COMPARADORES MECÁNICOS

7 APLICACIÓN A COMPARADORES MECÁNICOS

7.1 Introducción

Una vez definida y desarrollada la metodología de análisis propuesta, se procede a realizar la aplicación de la misma a un caso concreto. Dado que el estudio inicial fue desarrollado sobre el comparador mecánico, justificando oportunamente dicha elección, es preceptivo que se mantenga este instrumento como objeto de estudio.

El punto de partida se centra en el estudio de los diferentes documentos, identificando los contenidos de cada uno de ellos que permitan el desarrollo de los tipos de análisis establecidos. Un primer análisis general y de coherencia aplicado de forma individual y un segundo, de compatibilidad, ya sea a nivel global o diferenciado por tipologías.

Las conclusiones extraídas deben servir para identificar la idoneidad de los documentos en cuanto a la regulación de la actividad para la que fueron desarrollados, poniendo de manifiesto la posible necesidad de realizar actuaciones que subsanen las deficiencias detectadas o posibiliten mejoras en el uso de los mismos

7.2 Análisis general

Como ya se ha comentado anteriormente, este primer estudio va enfocado a los aspectos más formales que se contemplan en los documentos. En concreto se van a desarrollar tres, correspondientes respectivamente a la denominación, a la estructura de contenidos y a la relación temporal de los documentos.

7.2.1 Denominación

La Tabla 7.1 muestra el título con el que las distintas entidades identifican su documento.

Tabla 7.1 Cuadro descriptivo de designación

Denominación del equipo					
UNE 82-310	UNE-EN ISO 463	D-006 SCI	DI-010 CEM	MU-DI-002 CEM	CPM-14 AEC
comparadores de cuadrante	relojes comparadores mecánicos	comparadores mecánicos	comparadores mecánicos	COMPARADOR ES MECÁNICOS	comparadores

Como se puede apreciar, las denominaciones son bastante parecidas. Las normas son las que más se diferencian del resto, incluso cuando se comparan entre ellas mismas. Esta circunstancia es debida a que ambas provienen de otras normas nacionales o internacionales, de las cuales han tomado dicha denominación. Esto no ocurre con el resto de documentos, que han sido elaborados en el seno del organismo correspondiente, y por tanto, no están sujetos a esta restricción.

Por otra parte, en el caso del Consejo AEC, la designación es totalmente genérica, debido a que inicialmente el alcance de dicho documento abarca la totalidad de instrumentos comparadores, no sólo los que utiliza un sistema mecánico de amplificación. Sin embargo, cuando se desarrollan contenidos relativos a calibración utiliza los comparadores mecánicos como referencia. Esto no ocurre en el resto de documentos, dado que identifican claramente en su título el tipo de instrumento al que va destinado, aunque en algún caso (CEM) pueda hacerlo extensivo a otros tipos, en determinadas circunstancias.

7.2.2 Estructura de contenidos

Para tener una idea aproximada de cómo los documentos analizados configuran sus contenidos, se han desarrollado un conjunto de tablas en las que se identifican sus correspondientes índices (Tabla 7.2, Tabla 7.3 y Tabla 7.4).

Para realizar un primer análisis comparativo se han establecido tablas comparativas en base a documentos homólogos, tal y como se comentó en el planteamiento metodológico, de forma que se pueda apreciar a simple vista cuáles son los descriptores que cada uno de ellos asigna a determinado contenido y cuál es el grado de coincidencia terminológica con los del otro documento comparado.

Tabla 7.2 Comparativa de la Estructura de las Normas

Contenidos	UNE 82310	UNE-EN ISO 463
Introducción		X
Objeto y campo de aplicación	X	X
Normas para consulta		X
Términos y definiciones		X
Definiciones	X	
Dimensionado	X	
Requisitos	X	
Características de diseño		X
Características metroológicas		X
Comprobación	X	
Prueba de conformidad con especificaciones		X
Recomendaciones	X	
Marcado		X
Correspondencia con otras normas	X	
Anexos (nº)		4
Bibliografía		X

Como puede apreciarse en la Tabla 7.2, tan sólo existe coincidencia en un epígrafe de las dos normas (objeto y campo de aplicación), lo cual no significa que los contenidos coincidan (está mucho más especificado en la UNE 82310 que en la UNE-EN ISO 463:2006). También es cierto que, aunque no se denominen igual determinados apartados, se contemplan contenidos del mismo tipo a lo largo de los dos documentos. De forma general, la norma UNE-EN ISO 463:2006 presenta una mejor estructura debido a que es una norma bastante más actual, y por tanto utiliza una secuencia de contenidos más completa y sistematizada, de acuerdo a la familia de normas de Especificaciones Geométricas del Producto.

Tabla 7.3 Comparativa de la Estructura de los Procedimientos de Calibración

Contenidos	D-006 SCI	DI-010 CEM
Objeto		X
Alcance		X
Campo de aplicación	X	
Identificación	X	
Definiciones		X
Generalidades		X
Descripción: Equipos y materiales Operaciones previas Proceso de calibración Toma y tratamiento de datos		X
Proceso de Calibración	X	
Resultados de calibración	X	
Resultados: Cálculo de incertidumbres Interpretación de resultados		X
Períodos de calibración	X	
Bibliografía	X	
Referencias		X
Anexos: Ejemplos numéricos (nº) U patrones		2
Ejemplos (nº)	2	

De la Tabla 7.3 puede concluirse que, aunque en este caso se observa también una escasa coincidencia en los títulos de los apartados, esta carencia es algo más parcial ya que existen designaciones iguales, aunque ubicadas en apartados diferentes y junto al título de otros contenidos.

En general, el documento CEM incorpora una estructura más adecuada y completa para el desarrollo del proceso que contempla.

Tabla 7.4 Comparativa de la Estructura del Consejo para la Práctica Metroológica y el Manual de Uso

Contenidos	CPM-14 AEC	MU-DI-002 CEM
Objeto		X
Características y alcance		X
Fundamentos de la medida diferencial	X	
Clasificación de comparadores	X	
Definiciones y abreviaturas		X
Detalles constructivos y de empleo	X	
Descripción: Consideraciones Previas Utilización Mantenimiento, almacenamiento y ajuste Calibración Cálculo de incertidumbre de uso Presentación y tratamiento de resultados		X
Clasificación de métodos de medida con comparadores	X	
Montajes multicotas	X	
Procedimiento y periodos de calibración: Calibración de comparadores con contacto entre palpador y mensurando Calibración de comparadores sin contacto Periodos de calibración	X	
Normalización de calidades	X	
Incertidumbre: De un comparador De una medida diferencial	X	
Referencias	X	X
Anexos: nº		2
Ejemplos (nº)	1	

Observando la Tabla 7.4 se aprecia como en estos documentos las diferencias de índice están en parte justificadas debido al propio carácter de los mismos. El consejo considera la generalidad de estos instrumentos y por tanto, desarrolla contenidos adicionales al manual de uso, dedicado íntegramente a un tipo concreto. Aun así, existe una parte de tipo de contenidos que son comunes y, siguiendo los casos anteriores no utilizan la misma designación de apartados. Es más, en uno de ellos una parte importante del documento queda recogida como anexo, y no pertenece al cuerpo principal de dicho documento.

7.2.3 Relación temporal

La identificación de las fechas de edición de los documentos seleccionados, junto con el estudio de los contenidos relativos a las referencias que cada uno incluye y el análisis de sus ediciones anteriores, permite caracterizar la información relativa a la relación cronológica existente entre dichos documentos.

La Figura 7.1 identifica el orden de precedencia del conjunto de documentos, estratificados de acuerdo a la tipología a la que pertenecen, lo cual nos permite describir un mapeado temporal de relaciones.

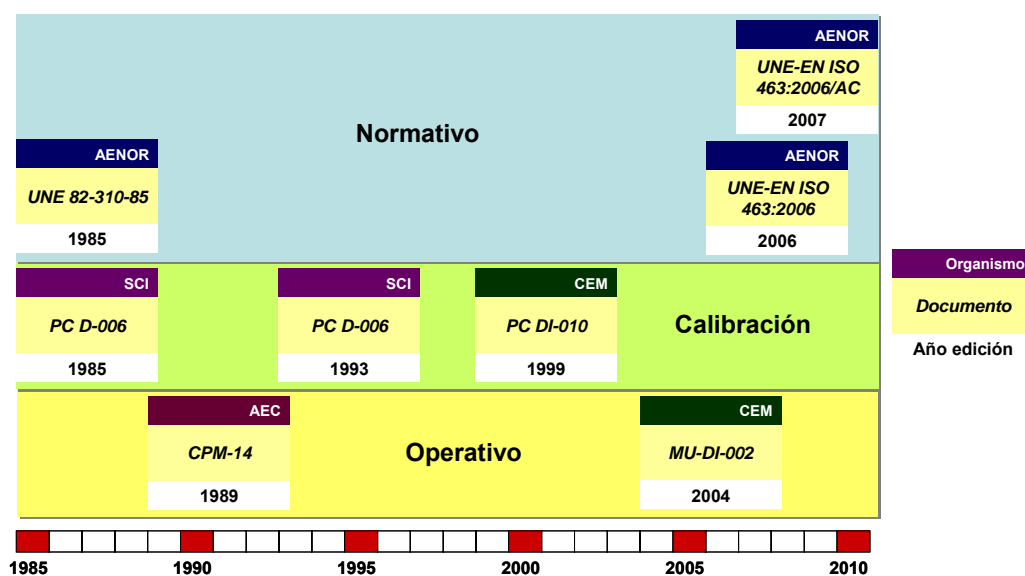


Figura 7.1 Cronologías de documentos

En la Tabla 7.5 se muestra este conjunto de información agrupada y ordenada cronológicamente.

Tabla 7.5 Relación cronológica de la documentación

Referencias	Año	AENOR UNE 82-310 (nov. 1985)	SCI PC D-006 1ª ed. (dic. 1985)	AEECC Consejo 14 1ª ed. (1989)	SCI PC D-006 2ª ed. (1993)	CEM PC D-010 Ed. 0 (1999)	CEM MU-DI-002 Ed. 0 (2004)	AENOR UNE-EN ISO 463 (2006)	AENOR UNE-EN ISO 463:2006/AC (2007)
PNE 4-041 Bloques patrón: (no se llegó a publicar)			X						
Accommodation I (CI-1981), CIPM, Procés-Verbaux des Séances, 40 ^e Session, Paris	1981			X					
A.SCH G. Les capteurs en instrumentation industrielle, Dunod, Paris	1982			X					
DN 878	1983	X							
Clasificación de instrumentos de metrología dimensional, MINISTER, SCI, 1ª ed., Madrid	1984		X			X			
Proceso de calibración D-001 para bloques patrón longitudinales D-01.02, MINISTER, SCI	1985		X		X				
UNE 82-311-85 ISO 3650 Bloques patrón, IRANOR, Madrid	1985		X		X				
Proceso de Calibración D-000 para comparadores mecánicos D-03.01, MINISTER, SCI, 1ª ed.	1985		↑	X					
Proceso de Calibración D-001 para bloques patrón longitudinales D-01.02, MINISTER, SCI, 1ª ed.	1985			X					
UNE 82-310 Comparadores de cuarenta, IRANOR, Madrid	1985	↑				X	X		
UNE 82-311 Bloques patrón, IRANOR, Madrid	1985					X			
Catálogo comercial Dimensional Memory de C. MAHR, nº 87E, Esslingen	1987			X					
Clasificación de instrumentos de metrología dimensional, MINISTER, SCI, 2ª ed., Madrid	1992				X				
Guide to the expression of uncertainty of measurement (GUM), ISO	1993					X			
Proceso de Calibración D-000 para comparadores mecánicos D-03.01, MINISTER, SCI, 2ª ed.	1993				↑	X			
Vocabulario Internacional de términos básicos y generales de metrología (VIM), CEM	1994					X			
UNE 82-309-1 Mézas de platinid: acero fundido (ISO 8512-1), AENOR, Madrid	1995					X			
UNE 82-309-2 Mézas de platinid: granito (ISO 8512-2), AENOR, Madrid	1995					X			
ISO/IEC 14636:1995 Especificación geométrica de productos (GPS), Esquema General	1995					X	X		
Procedimiento para la realización de procedimientos de calibración, MINISTER-CEM, 1ª ed.	1998					X			
ISO 3650 Geometrical Product Specifications (GPS) – Length standards – Gauge blocks	1998					X			
Expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones, CEA-ENAC-IC-02, rev. 1, ENAC	1998						X		
Criterios específicos de acreditación. Elaboración de certificados de calibración, CEA-ENAC-IC-01, rev. 3, ENAC	1998						X		
Expresión of the uncertainty of measurement in calibrations EA-402, ed. 2, EA	1999					X			
Procedimiento DI-010 para la calibración de comparadores mecánicos, Ministerio de Fomento, CEM, ed. 0	1999					↑	X		
Vocabulario Internacional de términos básicos y generales de metrología (VIM), CEM, 2ª ed.	2000						X		
Guía para la expresión de la incertidumbre de medida, CEM, 2ª ed.	2000						X		
IEC 60529:2001 Grados de protección proporcionados por las envolventes	2001						X	X	
Clasificación de instrumentos de metrología dimensional, Ministerio de Fomento, CEM, 1ª ed.	2002						X		
Procedimiento para la realización de manuales de uso de instrumentos de medida, Ministerio de Fomento, CEM, 1ª ed.,	2003						X	X	

Relación cronológica de la documentación referenciada en los 8 documentos en estudio

X	Referenciado en este documento
↑	Documento en estudio referenciado
	Dato desconocido o supuesto

7.3 Análisis de coherencia interna

Siguiendo lo establecido en la metodología propuesta para la realización del análisis de coherencia (apartado 5.3), una vez estudiados detalladamente los contenidos de cada uno de los documentos, se procede a realizar la valoración de los mismos en base a los criterios considerados (criterios comunes y específicos correspondientes a las tres tipologías de documentos), cumplimentando para ello las tablas cuyo modelo está identificado en la Tabla 6.5.

La primera parte de la tabla corresponde a la identificación completa del documento, incluyendo, además del título, tipología y denominación del documento, el organismo emisor, la fecha y el número de edición.

El siguiente bloque corresponde a la asignación del valor que cuantifica el grado de coherencia del contenido tratado con el criterio considerado. Cuando es necesario, junto a este índice se ha añadido la explicación que permite justificar dicha valoración.

Como ya se ha explicado anteriormente, se consideran cuatro criterios comunes al total de documentos y seis específicos a cada tipo.

De acuerdo a estas consideraciones, las siguientes tablas (

Tabla 7.6 a Tabla 7.11), muestran los resultados obtenidos, correspondiendo respectivamente a:

- Valoración individual de la norma UNE 82-310
- Valoración individual de la norma UNE-EN ISO 463
- Valoración individual del Proceso de Calibración D-006 SCI
- Valoración individual del Procedimiento de Calibración DI-010 CEM
- Valoración individual del Manual de Uso MU-DI-002 CEM
- Valoración individual del Consejo de Práctica Metrológica CPM-14 AEC

Tabla 7.6 Valoración individual de la norma UNE 82-310

Valoración individual de los documentos analizados

Tipo: Norma	Identificación: UNE 82-310
Título: Comparadores de cuadrante	
Edición: 1ª	Fecha: nov-85
Organismo: Instituto Español de Normalización (IRANOR)	

Criterio	Valoración	Justificación
----------	------------	---------------

Comunes	CCE1	3	No aplica la codificación que ya existía para el equipo en clasificación de instrumentos (al menos desde el año 84), la cual además hace referencia a la DIN 878. No es suficientemente claro en la descripción de la tipología. Existe incongruencia en la identificación (habla de cuadrante y después lo define en toda la circunferencia).
	CCE2	3	Excepto la propia definición del instrumento, el resto sólo se refiere a características metrológicas que van a ser consideradas posteriormente.
	CCE3	2	Sólo identifica la norma en la que se basa, ninguna otra fuente. No existe apartado dedicado a referencias o bibliografía, sólo el de correspondencia a otra norma.
	CCE4	0	No se realiza ninguna descripción de la forma en que el equipo mide, ni siquiera en la propia definición del comparador. Incorpora gráfico de desviaciones pero no describe cómo se obtienen.

Específicos	CEN1	0	No se ha llevado a cabo su revisión, teniendo en cuenta que existe la revisión de la norma DIN 878 (junio 2006) de la que procede íntegramente, que además ya es una norma GPS.
	CEN2	4	Presenta dibujo esquemático para dimensionado y explicaciones sobre algunos elementos integrantes (esfera, cuentavueltas,...). Presenta poca variantes de diseño.
	CEN3	5	Identifica claramente los requisitos funcionales que van a ser cuantificados posteriormente, y que serán utilizados para la identificación del cumplimiento con las especificaciones establecidas.
	CEN4	5	Desarrolla de forma completa el proceso de obtención de parámetros, la comparación con tolerancias y la clasificación según calidades.
	CEN5	2	Son muy escasas las recomendaciones que incluye, sin aportar información significativa acerca de las mismas. Se refieren básicamente a simples condiciones de manipulación o mantenimiento.
	CEN6	2	Es una norma nacional (aunque basada en otra nacional con gran influencia como la DIN 878). El nivel de usuario es restringido a nuestro país.

Tabla 7.7 Valoración individual de la norma UNE-EN ISO 463

Valoración individual de los documentos analizados

Tipo:	Norma	Identificación:	UNE-EN ISO 463
Título:	GPS. Equipos de medición dimensional. Diseño y características metrológicas de relojes comparadores mecánicos		
Edición:	1ª	Fecha:	sep-06
Organismo:	Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)		

Valoración	Justificación
------------	---------------

Comunes	Criterio	Valoración	Justificación
Comunes	CCE1	1	Identificación excesivamente generalista, teniendo en cuenta que el contenido de la norma está referido a un tipo concreto. No aporta codificación.
	CCE2	2	No desarrolla definiciones, aunque sí da referencias a documentos que pueden contenerlas, o al menos una parte. También define, pero no en este apartado los parámetros funcionales que son evaluables según esta norma.
	CCE3	5	Los contenidos están perfectamente referenciados, tanto a nivel de normas, como de los distintos documentos metrológicos que aplican.
	CCE4	0	No aporta ninguna información sobre la metodología de medición que el equipo utiliza, ni siquiera qué tipos de medida de pueden llevar a cabo con él.

Específicos	Criterio	Valoración	Justificación
Específicos	CEN1	5	Está en la versión actualmente vigente, correspondiente a la vigencia de la norma de nivel superior de la que procede. Además, es una norma GPS.
	CEN2	5	Características físicas bien definidas, tanto a nivel esquemático como en tabla de valores y explicaciones. Tiene un campo más amplio de diseños a normalizar.
	CEN3	4	Los requisitos principales exigibles en esta norma quedan identificados y definidos claramente, incluso se aporta tabla modelo para cumplimentar. Sin embargo, se contemplan algunos parámetros adicionales que no se han definido anteriormente
	CEN4	3	Quedan contemplados pero no desarrollados, lo que obliga a disponer de documentación adicional para desarrollar este apartado.
	CEN5	1	Apenas se recoge información sobre uso del equipo, salvo alguna indicación relativa a la sujeción del mismo en el soporte.
	CEN6	5	La norma es una traducción literal de la homóloga europea, la cual proviene de la internacional, por lo que su ámbito de aplicación es máximo.

Tabla 7.8 Valoración individual del Proceso de Calibración D-006 SCI

Valoración individual de los documentos analizados

Tipo: Proceso de calibración	Identificación: D-006
Título: Proceso de calibración D-006 para comparadores mecánicos D-03.01	
Edición: 2ª	Fecha: ene-93
Organismo: Sistema de Calibración Industrial (SCI)	

Valoración	Justificación
------------	---------------

Comunes	Criterio	Valoración	Justificación
Comunes	CCE1	3	Bastante generalista en la identificación, la codificación supone referencia a otro documento donde profundiza algo más.
	CCE2	0	No contempla contenidos relativos a este apartado. Si acaso alguna definición cuando desarrolla los procedimientos. La terminología no es la adoptada internacionalmente.
	CCE3	1	Muy pobre, ni siquiera recoge contenidos de la norma de aplicación en ese momento, ni siquiera en tabla de valores para establecer clasificación de calidad.
	CCE4	2	Sólo identifica el método de medida que utiliza este equipo, pero no desarrolla más, ni siquiera aporta un dibujo esquemático.

Específicos	Criterio	Valoración	Justificación
Específicos	CEP1	5	Muy completa la identificación de los distintos procesos que pueden aplicarse para calibrar estos equipos, resaltando los más habituales y aconsejables.
	CEP2	4	Aunque considera dos principales, desarrolla uno de forma más completa, no sólo a nivel de incertidumbre sino también incluyendo clasificación de calidad. Hay fuertes carencias en los contenidos relativos a los patrones de calibración.
	CEP3	1	Muy escueta, no aporta detalles del proceso, ni siquiera define las principales etapas del mismo, alguna de ellas fundamental (ej. estabilización)
	CEP4	2	Cálculo muy simplificado, enfocado más al cumplimiento de especificaciones en base a parámetros del equipo. Las componentes de incertidumbres son reducidas a las del patrón y al propio instrumento.
	CEP5	1	No se realizan consideraciones sobre los resultados de incertidumbres parciales ni totales.
	CEP6	5	De acuerdo a los contenidos que contempla, los ejemplos están desarrollados de forma completa.

Tabla 7.9 Valoración individual del Procedimiento de Calibración DI-010 CEM

Valoración individual de los documentos analizados

Tipo: Procedimiento de calibración	Identificación: DI-010
Título: Procedimiento DI-010 para la calibración de comparadores mecánicos	
Edición: 0	Fecha: 1999
Organismo: Centro Español de Metrología (CEM)	

criterio	Valoración	Justificación
----------	------------	---------------

Comunes	CCE1	5	De acuerdo al objetivo del documento está debidamente completado este apartado, bien de forma explícita o por referencia a documentos que recogen dichos contenidos.
	CCE2	3	Introduce conceptos metroológicos generales pero ninguna definición relativa al equipo, salvo su definición. No contempla terminología en un apartado específico sino cuando desarrolla el concepto, lo que ocasiona la repetición de la misma explicación.
	CCE3	5	Es completa, tanto a nivel de documentos de aplicación internacional como en referencia a especificaciones nacionales.
	CCE4	5	Queda suficientemente explicado el método de medida que utiliza el equipo, incluso en sus dos vertientes (dimensión y forma). Además se acompaña de esquemas representativos.

Específicos	CEP1	4	Identifica los procedimientos más usuales, en referencia al documento del que toma trazabilidad, pero no justifica de forma completa la exclusión que realiza.
	CEP2	5	Indistintamente, quedan plenamente desarrollados los dos procedimientos de calibración identificados, incluyendo el desarrollo de la incertidumbre asociada al patrón, aunque este no se desarrolla en el cuerpo principal del documento sino en el anexo de ejemplos. Existen ligeras incoherencias.
	CEP3	5	Se desarrolla de forma completa y bastante bien secuenciada, aunque se aprecian algunos detalles incompletos o poco definidos
	CEP4	4	Muy aceptable, aunque en ocasiones se usa terminología que puede dar lugar a confusión y a veces los cálculos no quedan suficientemente claros.
	CEP5	5	Muy completo y detallado. Las distintas componentes quedan claramente cuantificadas y la presentación de datos en tablas resumen facilitan la explicación.
	CEP6	5	Bien desarrollados y cumplen el objetivo de identificar claramente los conceptos. Suponen una guía de aplicación en el desarrollo del procedimiento.

Tabla 7.10 Valoración individual del Consejo para la Práctica Metroológica CPM-14 AEC

Valoración individual de los documentos analizados

Tipo: Consejo	Identificación: CPM-14
Título: Comparadores. 14 Consejo para la práctica metroológica	
Edición: 1ª	Fecha: 1989
Organismo: Asociación Española de Calidad (AEC). Comité de Metrología	

Valoración	Justificación
------------	---------------

Comunes	Criterio	Valoración	Justificación
Comunes	CCE1	5	Descripción detallada de acuerdo al alcance del documento (comparadores). Existen ligeras omisiones en cuanto a las distintas clasificaciones que realiza.
	CCE2	0	No se contempla un apartado específico. Las únicas definiciones que se contemplan están recogidas en el apartado que desarrolla el proceso de calibración.
	CCE3	3	Existen pocas referencias bibliográficas, teniendo en cuenta la amplitud del campo que abarca. El apartado de calibración está claramente desarrollado en referencia al proceso de calibración del SCI (1985). Sin embargo, al igual que dicho proceso, no se contempla referencia alguna a la norma que aplica al equipo correspondiente (UNE 82310, 1985).
	CCE4	5	Se realiza una descripción forma completa y adecuada de los métodos de medida que se utilizan, proporcionando además esquemas explicativos de dicho proceso.

Específicos	Criterio	Valoración	Justificación
Específicos	CEM1	4	Se realiza de forma completa la descripción de los distintos equipos, aunque no incorpora información imprescindible acerca de los equipos auxiliares que deben intervenir.
	CEM2	1	No existen como tal indicaciones sobre manipulación y mantenimiento. Sólo se dan indicaciones parciales a lo largo del documento, sobre todo en la parte de calibración.
	CEM3	0	No se contemplan ninguna información relativa a este apartado, lo cual es significativo si se tiene en cuenta que el objetivo del documento es proporcionar al usuario un manual de uso para la práctica usual con dichos equipos.
	CEM4	2	No se habla de incertidumbre de uso sino de calibración. Se incorpora un cálculo muy esquemático de la incertidumbre asociada a una medida. Contempla un apartado de conformidad con especificaciones (la tabla de valores corresponde a la del proceso de calibración DI-006 del SCI)
	CEM5	3	Se incluye un ejemplo, pero desarrollado de forma muy resumida, y sólo aplicado al caso de calibración (extraído del documento principal referenciado)
	CEM6	0	No se realiza ningún tipo de consideración relativa a la formación o cualificación de usuarios.

Tabla 7.11 Valoración individual del Manual de Uso MU-DI-002

Valoración individual de los documentos analizados

Tipo: Manual de uso	Identificación: MU-DI-002
Título: Manual MU-DI-002 de uso de comparadores mecánicos	
Edición: 0	Fecha: 2004
Organismo: Centro Español de Metrología (CEM)	

Criterio	Valoración	Justificación
-----------------	-------------------	----------------------

Comunes	CCE1	5	Se contempla de forma muy clara y completa la caracterización del instrumento, de acuerdo al objeto del documento.
	CCE2	4	Existe un apartado específico que recoge las definiciones y abreviaturas empleadas en el documento, con clara referencia a los documentos internacionales que aplican. Falta completar este apartado con las definiciones relativas a las características constructivas más relevantes.
	CCE3	5	Se fundamenta adecuadamente en el procedimiento de calibración editado por el mismo organismo pero incorporando las referencias actualizadas. Las fuentes documentales que incorpora corresponden a organismos nacionales e internacionales que se utilizan como referente en cualquier práctica metrológica.
	CCE4	5	Se realiza una correcta descripción del método de medida, identificando las distintas situaciones en las que puede intervenir el instrumento considerado.

Específicos	CEM1	0	No se aporta descripción física alguna del equipo ni de equipos auxiliares, ni siquiera un esquema de componentes principales.
	CEM2	4	Aunque se contemplan la mayor parte de las etapas del proceso, no están secuenciadas adecuadamente y sólo se ofrecen breves indicaciones.
	CEM3	1	Las actividades de mantenimiento y almacenajes se contemplan de forma muy resumida, teniendo en cuenta que los objetivos que se pretenden con este documento. El apartado específico es muy reducido en comparación con la extensión total del documento.
	CEM4	4	El cálculo de la incertidumbre global de uso queda ampliamente desarrollado en un anexo al cuerpo principal, pero no se menciona nada acerca de posibles verificaciones intermedias. Existen claras referencias al procedimiento de calibración correspondiente.
	CEM5	5	El ejemplo proporciona una aplicación muy clara y completa de los contenidos relativos al cálculo de la incertidumbre global de uso.
	CEM6	0	No se contemplan contenidos relativos a la formación de usuarios

Transfiriendo los resultados de las tablas anteriores, se ha procedido a la construcción de una tabla integrada (Tabla 7.12), donde se muestra el conjunto de las puntuaciones asignadas a los distintos documentos, de acuerdo a los criterios establecidos. Se incluye adicionalmente la puntuación final obtenida por cada uno de ellos. Este valor total se ha mostrado también gráficamente en la Figura 7.2.

Tabla 7.12 Resumen de resultados de las valoraciones individuales

	CCE1	CCE2	CCE3	CCE4	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	Total
Norma 82310	3	3	2	0	0	4	5	5	2	2	26
Norma 463	1	2	5	0	5	5	4	3	1	5	31
Proceso SCI	3	0	1	2	5	4	1	2	1	5	24
Procedimiento CEM	5	3	5	5	4	5	5	4	5	5	46
Consejo AEC	5	0	3	5	4	1	0	2	3	0	23
Manual CEM	5	4	5	5	0	4	1	4	5	0	33

Máx valoración	46
----------------	----

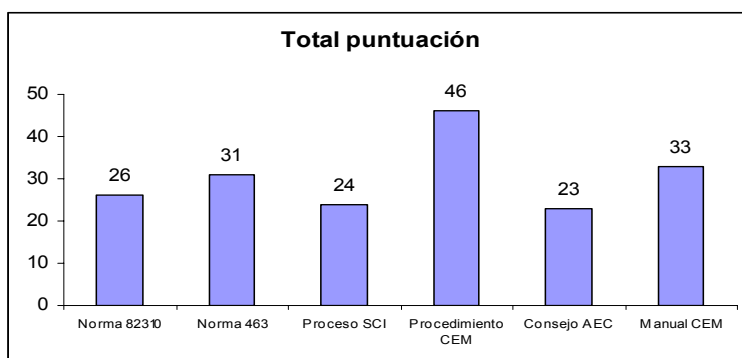


Figura 7.2 Comparación de la valoración global de cada documento

En base a los resultados obtenidos, se pueden realizar las siguientes consideraciones:

1. Los documentos mejor valorados son, dentro de cada tipología, los más recientes. La causa puede estar en el hecho de que los más antiguos se elaboraron de forma aislada (aunque la norma está basada en otra nacional, ésta es de elaboración propia), de forma que los contenidos se desarrollan en base a unos requerimientos específicos en ese momento y, por tanto, no contemplan el conjunto completo de la información que debe aportarse en cada situación.

2. De los tres mejor valorados, el procedimiento de calibración del CEM es el que alcanza una mayor puntuación, estando muy cerca del máximo absoluto (46 sobre 50). La razón está en que sigue una estructura de contenidos bastante secuencial y completa, abordando en su mayor parte las distintas etapas que conforman el proceso de calibración, desde la identificación hasta el tratamiento de resultados.
3. Es necesario indicar también que, si se analizan los resultados de forma parcial, existen determinados criterios para los que el documento mejor valorado, dentro de un tipo concreto, obtiene una puntuación bastante inferior a su homólogo, lo cual significa que si se precisa de una completa información no debe excluirse ningún documento, ya que no se puede hablar de forma absoluta de un documento predominante.

7.4 Análisis de compatibilidad externa

Tal y como se ha descrito anteriormente, este análisis se lleva a cabo de acuerdo a dos niveles de relación, realizando en el primer caso la evaluación de los criterios comunes y en el segundo la evaluación de los criterios específicos correspondientes a cada una de las tipologías de documentos (normas, calibración y operativo).

7.4.1 Evaluación de criterios comunes

En este caso se ha realizado una comparación del total de documentos, atendiendo a los criterios comunes establecidos, es decir, a las expectativas en cuanto a contenidos imprescindibles que un usuario tiene, sea cual sea el tipo de documento. Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos (Tabla 7.13 y Figura 7.3):

Tabla 7.13 Resultados de la evaluación de criterios comunes

	Norma 82310	Norma 463	Proceso SCI	Procedimiento CEM	Consejo AEC	Manual CEM
CCE1	3	1	3	5	5	5
CCE2	3	2	0	3	0	4
CCE3	2	5	1	5	3	5
CCE4	0	0	2	5	5	5
Total	8	8	6	18	13	19

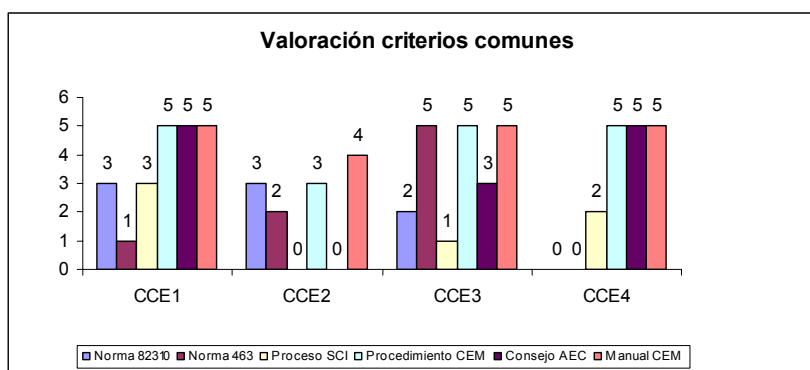


Figura 7.3 Comparación de las evaluaciones de criterio comunes

El conjunto de los resultados globales correspondientes a la suma de las evaluaciones de los criterios comunes de cada documento se ha representado en la Figura 7.4.

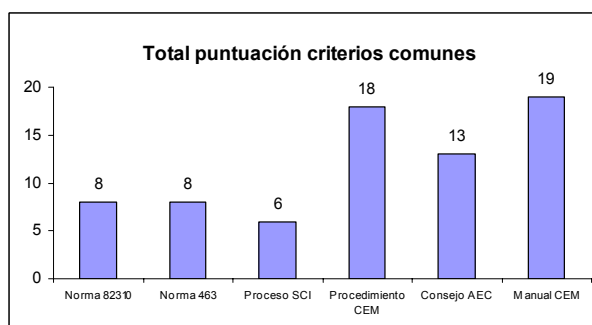


Figura 7.4 Comparación de las evaluaciones de criterio comunes

Los resultados anteriores permiten deducir que:

1.- El documento que mejor recoge la información básica definida a través de los criterios comunes es el manual de uso del CEM (19 sobre 20), seguido muy de cerca por el procedimiento de calibración de este mismo organismo (18 sobre 20). Esto puede ser debido a que ambos tienen una fuente común que establece de alguna forma el tipo de contenidos a desarrollar, o que uno de ellos, el más reciente, se basa en el anterior, compartiendo la información común y desarrollando la específica de acuerdo al tipo de documento. Existe además otro documento con una puntuación bastante alta (13 sobre 20: CPM-14 AEC).

2.- Es significativa la baja puntuación obtenida por las normas, quizás debido a que pretenden tener un campo de aplicación lo más extenso posible, lo cual puede provocar que sean excesivamente generalistas, y en ocasiones no aporten toda la información necesaria.

3.- Existe una amplia diferencia en la valoración de los dos procedimientos de calibración. La justificación puede estar en el hecho de que el documento SCI se centre exclusivamente en el proceso de calibración, sin proporcionar información de otro tipo. Probablemente los autores considerasen que el usuario de este documento ya conoce y maneja el equipo.

7.4.2 Evaluación de criterios específicos. Normas

En este caso se evalúan los contenidos globales, considerando los criterios comunes y específicos, de los documentos tipo normas, cuyos resultados parciales y totales se exponen en la Tabla 7.14 y la Figura 7.5.

Tabla 7.14 Resultados de la evaluación de criterios específicos en normas

	CCE1	CCE2	CCE3	CCE4	CEN1	CEN2	CEN3	CEN4	CEN5	CEN6	Total
Norma 82310	3	3	2	0	0	4	5	5	2	2	26
Norma 463	1	2	5	0	5	5	4	3	1	5	31

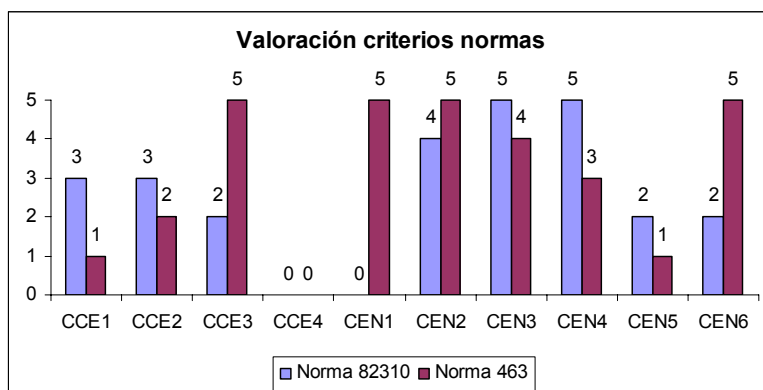


Figura 7.5 Comparación de las evaluaciones de criterio específicos en normas

1. Como primera conclusión se puede indicar que la valoración total es bastante cercana en ambos documentos, lo cual significa que, de forma global, los documentos cumplen de forma similar las expectativas establecidas. Si se considera el valor absoluto obtenido, el grado de cumplimiento es ligeramente superior a la mitad de la puntuación máxima (50), es decir, los documentos no aportan de forma suficientemente completa la información requerida, de acuerdo al carácter de los mismos.
2. Si se observan las notas parciales, existe una alternancia de los documentos en cuanto a la posición destacada, dependiendo del criterio, aunque se aprecia que cuando está mejor valorada la norma 463 la diferencia es bastante superior a cuando la ventaja es para la 82310.

- El único índice común entre los dos documentos es el cero, lo cual indica que ninguno de ellos contempla el aspecto general correspondiente (Generalidades, principio de funcionamiento), que sin embargo, se ha considerado básico cuando se va a hacer uso de cualquiera de estos documentos.

7.4.3 Evaluación de criterios específicos. Procedimientos de calibración

En este segundo caso se analiza la información relativa a la actividad calibración, evaluando el grado de similitud o diferencia existente entre los documentos considerados (Tabla 7.15 y Figura 7.6).

Tabla 7.15 Resultados de la evaluación de criterios específicos en procedimientos de calibración

	CCE1	CCE2	CCE3	CCE4	CEP1	CEP2	CEP3	CEP4	CEP5	CEP6	Total
Proceso SCI	3	0	1	2	5	4	1	2	1	5	24
Procedimiento CEM	5	3	5	5	4	5	5	4	5	5	46

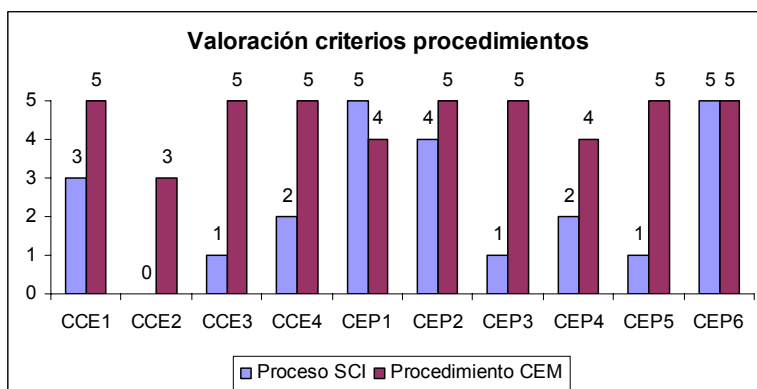


Figura 7.6 Comparación de las evaluaciones de criterio específicos en procedimientos de calibración

1.- Existe una marcada diferencia en el total de puntuación, quedando el documento SCI en la línea media y el documento CEM muy próximo al máximo. Salvo en el caso de un único criterio, los dos procedimientos contemplan los aspectos que se han considerado necesarios incluir en un documento de este tipo, pero mientras que el del SCI lo hace de forma muy breve y superficialmente en la mayoría de los casos, el documento CEM suele desarrollarlos bastante más profundamente y con una extensión más adecuada a la complejidad del contenido.

2.- El documento SCI está más enfocado al cumplimiento de especificaciones que al desarrollo completo del cálculo de incertidumbre, quizás debido al momento en el

que se elaboró, cuando es probable que se considerase más adecuado establecer unos métodos de comprobación de características metroológicas, asignando posteriormente la denominada “calidad” a un instrumento de este tipo, realizando un cálculo de incertidumbre muy simplificado y mayorado.

7.4.4 Evaluación de criterios específicos. Manuales de uso

Finalmente, en este tipo de documentos va a evaluarse cómo es la información que aportan en relación con la práctica general de estos equipos, sin tener en cuenta el grado de especialización de los usuarios (Tabla 7.16 y Figura 7.7).

La tabla siguiente recoge las puntuaciones asignadas según cada criterio.

Tabla 7.16 Resultados de la evaluación de criterios específicos en manuales de uso

	CCE1	CCE2	CCE3	CCE4	CEM1	CEM2	CEM3	CEM4	CEM5	CEM6	Total
Consejo AECC	5	0	3	5	4	1	0	2	3	0	23
Manual CEM	5	4	5	5	0	4	1	4	5	0	33

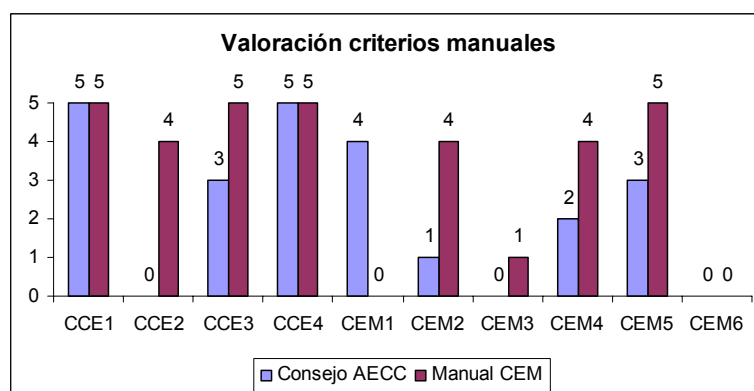


Figura 7.7 Comparación de las evaluaciones de criterio específicos en manuales de uso

1.- En este caso, ninguno de los documentos proporciona los contenidos que se han considerado de acuerdo a las expectativas establecidas. Quizás la razón resida en que ambos tienen trazabilidad a otros documentos anteriormente editados, de los que se han visto claramente influenciados.

2.- El consejo AEC, con claras referencias al procedimiento SCI correspondiente, es mucho más generalista en los apartados descriptivos, extendiéndose a todos los tipos de comparadores, aunque el resto de información que aporta se concreta a la correspondiente a los comparadores mecánicos. No ocurre así con el procedimiento CEM que se refiere en exclusiva a los comparadores mecánicos.

3.- El manual CEM, basado en el procedimiento de calibración editado por el mismo organismo, pretende proporcionar con este documento una información complementaria sobre condiciones de uso del equipo, pero en esencia incorpora nuevamente un desarrollo relativo a la obtención de incertidumbre, lo cual limita el uso de la mayor parte de este documento a un tipo de usuario más especializado de lo que a priori pudiera pretenderse. Esto también le ocurre al documento SCI, si bien éste sigue la línea del correspondiente procedimiento, con un desarrollo poco detallado y bastante esquemático.

7.5 Recapitulación

Una vez desarrollado el análisis de acuerdo a los tres niveles establecidos, puede concluirse que los distintos documentos, muestran claras desviaciones respecto a las expectativas establecidas, no sólo a nivel individual sino también en su relación con el documento homólogo.

Es quizás en la denominación del propio documento donde más coincidencias hay, teniendo en cuenta que los títulos diferentes obedecen a imposiciones de los documentos de donde proceden. El resto está en consonancia con los equipos objeto de sus contenidos.

En las evaluaciones individuales se distinguen aquellos documentos que contemplan de forma bastante fiel los aspectos que deben ser desarrollados de acuerdo a su tipología. Es el caso de los procedimientos de calibración y, en menor medida, las normas, si bien diferenciando, dentro de cada uno de los tipos, el grado de profundidad y rigor con que lo llevan a cabo. Sin embargo, en los manuales de uso, los contenidos se alejan sustancialmente de lo que supuestamente se pretende con la emisión de dichos documentos. Se convierten más bien en unos complementos al procedimiento de calibración publicado por el organismo correspondiente. Por ello, contemplan muy de soslayo los aspectos que realmente deberían conformar el cuerpo principal del documento, dado el carácter de del mismo.

Por último, las evaluaciones relativas al grado de compatibilidad entre documentos de la misma tipología reflejan diferencias importantes entre ellos, siendo el factor temporal el que provoca mayor influencia. La causa está en que las referencias actuales son mucho más abundantes y, lo que más importante, que existe un elevado grado de adecuación en cuanto a la realización de las distintas actividades metrológicas. Esto afecta sustancialmente al desarrollo de los contenidos que regulan dichas actividades, ya sea a nivel del enfoque con el que se plantean, como de la propia estructura en la que se desarrollan dichos contenidos.

Capítulo 8

ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

8 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

8.1 Introducción

Una vez concluido el análisis de contenidos del instrumento seleccionado, se plantea la posibilidad de llevar a cabo una evaluación comparativa entre los resultados obtenidos en este estudio y los procedentes de la consulta externa. Si bien es cierto que en un principio se trata de considerar dos procesos diferentes, el primero de carácter individual y específico y el segundo colectivo y general, existen una serie de factores que hacen posible su realización.

En primer lugar, la consulta externa ha identificado las mismas tipologías documentales y los mismos organismos nacionales utilizados como referencia para el desarrollo de la metodología que ha sido aplicada posteriormente. Por tanto, existe un importante nexo común en la utilización de fuentes documentales que justifica la realización de esta evaluación. Asimismo, en cuanto a la propia evaluación de los contenidos, frente a la evaluación específica del comparador mecánico, la consulta externa no ha tenido como objetivo concreto ningún instrumento, pero ambas valoraciones están realizadas sobre documentos editados por los mismos organismos. Por tanto, es perfectamente asumible que dichos documentos sigan estructuras similares y se desarrollen de acuerdo a las mismas directrices, sobre todo si los documentos considerados se refieren a equipos relativamente sencillos, que son los más utilizados y sobre los que existe mayor información unificada. Incluso, puede ser que las respuestas de algunos consultados estén referidas al instrumento comparador. En definitiva, las valoraciones realizadas pueden considerarse comparables en su conjunto, siempre teniendo en cuenta que pueden existir rasgos diferenciadores según el instrumento considerado.

8.2 Definición de los parámetros de comparación

El primer paso de este proceso supone identificar los parámetros que van a ser utilizados para la comparación de los resultados individuales. Como ya se ha visto anteriormente, la evaluación de contenidos se ha realizado con dos planteamientos diferenciados, uno en base a criterios de evaluación (metodología), y el otro mediante cuestionario (consulta externa).

Por tanto, es necesario identificar inicialmente la relación existente entre las variables utilizadas en cada una de las opciones empleadas, estableciendo las equivalencias necesarias que permitan realizar posteriormente el análisis comparativo. La Tabla 8.1 recoge la relación de criterios de evaluación, que son la base de la metodología propuesta, que tienen equivalencia directa con preguntas de la consulta externa. Como puede apreciarse, no son contemplados el total de criterios, lo cual no significa que hayan sido obviados sino que, debido al carácter menos riguroso de la consulta, se ha intentado recoger en la misma los aspectos más relevantes de cada tipología. Por ello, algunos criterios han quedado recogidos de forma conjunta en una misma pregunta, por lo que no sería muy adecuado establecer entre ellos una relación directa y biunívoca.

Tabla 8.1 Equivalencias entre parámetros evaluadores

Análisis por criterios		Encuesta	
CEN2	Características constructivas	2.4	¿Aportan información básica acerca del objeto normalizado?
CEN3	Requisitos funcionales	2.5	¿Establecen las normas claramente los requisitos metrológicos a cumplir?
CEN4	Comprobación requisitos	2.6	¿Suelen utilizar las normas parámetros de evaluación convenientes?
		2.7	La evaluación respecto a dichos parámetros, ¿aporta en general una adecuada visión de grado de cumplimiento con los requisitos establecidos?
CEN5	Recomendaciones de uso	2.8	¿Suelen incluir estos documentos algún tipo de recomendación en relación al objeto normalizado?
CEN6	Correspondencia con otras normas (alcance de aplicación)	2.9	En cuanto a generalización de uso ¿Cómo valora el alcance de aplicación de las normas que utiliza?
CEP2	Descripción de procedimiento de calibración principal	3.6	¿A que nivel de detalle, rigor y completitud considera que se desarrolla la descripción del método principal de calibración?
CEP3	Protocolo de calibración		
CEP4	Cálculo de incertidumbre	3.7	¿Cómo contempla el establecimiento de las distintas componentes de incertidumbre, justificando las aportaciones o exclusiones?
CEP6	Explicaciones de aplicación. Ejemplos	3.8	¿A qué nivel de adecuación considera que se encuentran los ejemplos de aplicación que incorpora?
CEM1	Descripción	4.7	Evalúe el grado en que dicha documentación contempla contenidos relativos a la descripción física y funcional del equipo y desarrollo de los métodos de medición con dicho equipo
CEM2	Manipulación y medición		
CEM3	Mantenimiento y almacenaje	4.8	¿Y en cuanto a información relativa a la manipulación, mantenimiento y almacenaje del mismo?
CEM4	Incertidumbre de uso. Verificaciones intermedias	4.9	¿En qué grado se contemplan contenidos relativos al cálculo de la incertidumbre global de uso y verificaciones intermedias entre calibraciones?

8.3 Comparación de resultados

Recordando los indicadores de evaluación del cuestionario utilizado para la consulta, el total de las respuestas que participan en este proceso corresponden al rango de valoración de Tabla 8.2, en el que se muestra el significado de cada una de las letras identificativas que conforman dicho rango.

Tabla 8.2 Identificación rango de valoración

Código	Valoración
D	Deficiente
I	Insuficiente
M	Medio
B	Bueno
E	Excelente

La Tabla 8.3 muestra las valoraciones correspondientes a las cuestiones de la consulta externa que van a ser relacionadas con los apartados correspondientes de la evaluación por criterios. El resultado aportado en dicha tabla corresponde a la opción elegida de forma mayoritaria.

Tabla 8.3 Resultados de la consulta

Consulta externa		Opción mayoritaria
2.4.-	¿Aportan información básica acerca del objeto normalizado?	B
2.5.-	¿Establecen las normas claramente los requisitos metroológicos a cumplir?	B
2.6.-	¿Suelen utilizar las normas parámetros de evaluación convenientes?	M
2.7.-	La evaluación respecto a dichos parámetros, ¿aporta en general una adecuada visión de grado de cumplimiento con los requisitos establecidos?	M B
2.8.-	¿Suelen incluir estos documentos algún tipo de recomendación en relación al objeto normalizado?	I M
2.9.-	En cuanto a generalización de uso ¿Cómo valora el alcance de aplicación de las normas que utiliza?	B
3.6.-	¿A que nivel de detalle, rigor y completitud considera que se desarrolla la descripción del método principal de calibración?	B
3.7.-	¿Cómo contempla el establecimiento de las distintas componentes de incertidumbre, justificando las aportaciones o exclusiones?	B
3.8.-	¿A qué nivel de adecuación considera que se encuentran los ejemplos de aplicación que incorpora?	M
4.7.-	Evalúe el grado en que dicha documentación contempla contenidos relativos a la descripción física y funcional del equipo y desarrollo de los métodos de medición con dicho equipo	M
4.8.-	¿Y en cuanto a información relativa a la manipulación, mantenimiento y almacenaje del mismo?	M
4.9.-	¿En qué grado se contemplan contenidos relativos al cálculo de la incertidumbre global de uso y verificaciones intermedias entre calibraciones?	I

8.4 Determinación del valor de comparación en el método de los criterios

La metodología de criterios aplica un indicador numérico para la valoración de los contenidos, utilizando para ello un rango que va del 0 (opción más desfavorable) a 5 (opción más satisfactoria). Asimismo, en la evaluación por criterios están implicados más de un documento que pertenecen a la misma tipología, centrándose la evaluación en cada uno de ellos de forma individualizada. Sin embargo, la consulta recoge en cada bloque un conjunto de cuestiones que pretenden evaluar de forma genérica una tipología determinada, sin concretar en documento alguno.

Por tanto, esta opción requiere la aplicación de algunas fórmulas de adaptación de sus resultados antes de incorporarlos al proceso comparativo, ya que debe garantizarse, en la medida de lo posible, que los valores que se comparen reflejen lo más fiel posible un mismo aspecto dentro de la tipología documental evaluada.

Se consideran las siguientes cuestiones relativas a cada una de las tipologías establecidas.

A. Normas

En este caso, en el que se han evaluado dos normas, lo razonable es determinar el resultado a utilizar en base a la media aritmética de los dos resultados obtenidos, ya que en la encuesta no se ha identificado ninguna preferencia al respecto. La siguiente tabla (Tabla 8.4) recoge los resultados parciales y el resultado final que va a ser comparado.

Tabla 8.4 Valor comparativo para las normas

	CEN2	CEN3	CEN4	CEN5	CEN6
Norma 82310	4	5	5	2	2
Norma 463	5	4	3	1	5
Media	4,5	4,5	4	1,5	3,5

B. Procedimientos de calibración

En esta tipología sí se ha constatado una clara preferencia por el Centro Español de Metrología (CEM) frente al Sistema de Calibración Industrial (SCI), por lo que el resultado conjunto debe tener en cuenta esta predominancia de utilización. De acuerdo a esto, se estima una ponderación del 70%/30 % respectivamente, aplicada a los valores parciales para obtener el resultado final (Tabla 8.5).

Tabla 8.5 Valor comparativo para los procedimientos de calibración

	CEP2	CEP3	CEP4	CEP6
Proceso SCI	4	1	2	5
Procedimiento CEM	5	5	4	5
Resultado ponderado	4,7	3,8	3,4	5

C. Manuales de uso

Al igual que el caso anterior, los documentos del CEM son utilizados mayoritariamente frente a los publicados por la Asociación Española para la Calidad (AEC), incluso la diferencia es más acentuada. Por tanto, la determinación del resultado que va a intervenir en el análisis comparativo, resulta de la ponderación del 80%/20% a los resultados parciales respectivos (Tabla 8.6).

Tabla 8.6 Valor comparativo para los manuales de uso

	CEM2	CEM3	CEM4
Consejo AEC	1	0	2
Manual CEM	4	1	4
Media	3,4	0,8	3,6

8.5 Similitudes y diferencias entre ambos estudios

Una vez establecidas las consideraciones oportunas, es posible realizar el análisis comparativo entre los resultados de ambos estudios. Este análisis pondrá de manifiesto las similitudes y diferencias existentes, siempre teniendo en cuenta el carácter individual y específico con que ha sido realizada la evaluación mediante la metodología desarrollada, frente a la condición colectiva y general de la consulta externa. En la Tabla 8.7 se recogen los resultados conjuntos de ambos análisis.

Tabla 8.7 Resultados del análisis comparativo

CONSULTA		METODOLOGÍA	
Nº Cuestión	Resultado	Criterio	Resultado
2.4	B	CEN2	4,5
2.5	B	CEN3	4,5
2.6	M	CEN4	4
2.7	M, B	CEN4	4
2.8	I, M	CEN5	1,5
2.9	B	CEN6	3,5
3.6	B	CEP2; CEP3	4,25
3.7	B	CEP4	3,4
3.8	M	CEP6	5
4.7	M	CEM1; CEM2	2,1
4.8	M	CEM3	0,8
4.9	I	CEM4	3,6

De la evaluación comparativa entre ambos resultados podemos extraer las siguientes conclusiones:

- I. En la práctica totalidad de los apartados que han sido comparados, los resultados expresan una misma tendencia de opinión, siendo más favorable la ofrecida en la evaluación de contenidos mediante criterios. Existen dos razones claras, la primera está en el hecho de que la consulta no está considerando un equipo concreto, por lo que la documentación aplicable no es totalmente homogénea (aunque provenga de la misma fuente). La segunda causa proviene de la diversidad de opinión procedente del grupo consultado, lo cual hace que la valoración total esté algo suavizada, mientras que en el otro caso se evalúa de forma única.
- II. De cualquier forma, es necesario indicar que las valoraciones de la consulta tienden siempre hacia opiniones positivas, aunque en ocasiones la respuesta más frecuente sea moderada. Un ejemplo de ello es el caso de la cuestión 3.8, cuya respuesta mayoritaria es *medio*. No obstante, si sumamos las respuestas de las opciones *bueno* y *excelente* se obtiene un valor superior al anterior. En definitiva, al relacionar los resultados con los del criterio CEP6 se presenta una mayor similitud de lo que aparentemente muestran los valores individuales que aparecen en la Tabla 8.7.

III. Donde se constata un cambio en la tendencia de opinión es en algunos de los apartados relativos a los manuales de uso. Sin embargo, si se analizan más detenidamente se comprueba que:

- El resultado en la evaluación del criterio CEM3 (*Evalúe el grado en que dicha documentación contempla información relativa a la manipulación, mantenimiento y almacenaje del mismo*) es notablemente inferior al ofrecido en la consulta. Sí es cierto que el criterio sólo evalúa contenidos relativos al mantenimiento y almacenaje, mientras que la pregunta correspondiente considera adicionalmente la manipulación, actividad que está habitualmente contemplada en la mayoría de los documentos. Por tanto, puede que esta sea la causa de la diferencia en las valoraciones.
- La respuesta mayoritaria de la pregunta 4.9 (*¿En qué grado se contemplan contenidos relativos al cálculo de la incertidumbre global de uso y verificaciones intermedias entre calibraciones?*) indicaba que se consideraba *insuficiente* la información aportada en cuanto al cálculo de la incertidumbre global de uso y las verificaciones intermedias a realizar. Sin embargo, es necesario indicar que existe muy poca diferencia con la respuesta *moderado* y *bueno*. Es decir, en esta cuestión existe una heterogeneidad de opinión al respecto, es más, si sumamos los resultados parciales de esta dos últimas, la respuesta final quedaría situada en una posición de opinión más favorable.

Como resumen final, se puede indicar que los resultados obtenidos por aplicación de la metodología propuesta tienen un nivel importante de similitud con las valoraciones realizadas por expertos metrólogos, siempre teniendo en cuenta las observaciones consideradas de acuerdo con la situación particular de cada proceso.

Capítulo 9

CONCLUSIONES

9 CONCLUSIONES

9.1 Planteamiento general

El presente trabajo se ha fundamentado en la necesidad de utilizar recursos documentales cuando se lleva a cabo cualquier práctica metrológica, ya sea en el ámbito docente, investigador, industrial o legal. La mayor parte de estos recursos son elaborados por entidades de reconocido prestigio en el campo que aplican, siendo generalmente abundantes en el caso de equipos básicos de medición, tales como pies de rey, micrómetros o comparadores.

Se ha constatado que el problema se presenta cuando al acceder a la documentación, el usuario se encuentra con un conjunto de documentos dispersos, que no pueden conformar un cuerpo único, coherente y coordinado, ni siquiera cuando se trata del mismo organismo editor. Además, la mayoría de los documentos no aportan, de forma individual, la totalidad de la información que debieran incluir teniendo en cuenta su propia tipología, estando en algunos casos desfasada o siendo incompatible con la que proporciona otros documentos de igual carácter.

Siguiendo este planteamiento, de acuerdo a las consideraciones desarrolladas en el capítulo 4, se han realizado a lo largo del tiempo sucesivos intentos para la generación de documentos que pudieran proporcionar de forma integrada un conjunto de contenidos relativos a una disciplina determinada. Como se ha visto, en no pocas ocasiones, el resultado de este proceso no ha satisfecho los objetivos pretendidos, quizás porque el documento obtenido era simplemente una agrupación de apartados independientes, y a veces inconexos e incompatibles. Simplemente, habían sido recopilaciones de distintas fuentes, las cuales no habían sido sometidas a un proceso de análisis previo que permitiera realizar una posterior homogeneización y unificación de contenidos. Si se hubiera realizado este trabajo inicial se habría obtenido un conjunto que constituiría en si mismo un verdadero compendio de información, satisfaciendo en gran medida las expectativas de los posibles usuarios.

Por ello, con la metodología desarrollada se ha pretendido proporcionar al usuario un instrumento de análisis que permita la realización de ese trabajo previo, de forma que se pueda disponer de información lo más detallada y completa posible acerca de los contenidos que van a ser utilizados como referencias documentales. De esta forma,

podrán ser identificados los puntos fuertes y débiles que presentan los documentos en relación a la actividad para la cual han sido desarrollados.

En el caso concreto de la presente Tesis Doctoral, la aplicación práctica realizada sobre la documentación relativa a los comparadores mecánicos ha puesto de manifiesto los problemas descritos anteriormente, ya que los resultados derivados del análisis han dejado una clara evidencia de las carencias y discrepancias que presentan los distintos documentos elaborados por los organismos y entidades que constituyen la cabecera metrológica de este país. Estas deficiencias no se presentan sólo a nivel individual sino en su relación con el resto de documento, incluso en los emitidos por un mismo organismo.

Queda claro pues, que sería muy conveniente hacer llegar a las distintas entidades las observaciones oportunas, de forma que se produjera un cambio en el planteamiento que se sigue cuando se pretende generar un determinado documento. Siguiendo esta premisa, en una situación ideal de trabajo, los resultados obtenidos del análisis serían puestos en conocimiento de todos los organismos relacionados, de forma que una acción conjunta, y sobre todo coordinada, de revisión y adecuación de los contenidos evaluados, permitiría poner a disposición de los usuarios un único cuerpo de conocimiento coherente, unificado, actualizado y compatible. Incluso esta actividad podría estar regulada a través de un protocolo que identificara y desarrollase las directrices necesarias para la generación y mantenimiento de documentación integrada. En este mismo contexto ideal, sería muy ventajosa la existencia de un ente/organismo que se constituyera en cabecera del conjunto de organismos implicados, y cuya misión fuese la dirección, coordinación y planificación de las distintas actividades que se desarrollasen en este ámbito.

9.2 Conclusiones generales

El desarrollo de la presente Tesis ha permitido alcanzar los objetivos establecidos al inicio de la misma. Las conclusiones generales derivadas del trabajo llevado a cabo son las siguientes:

- Se ha diseñado una metodología que puede ser utilizada en la realización de procesos de análisis y evaluación de documentos metrológicos.
- Para ello se han identificado las principales tipologías documentales, que engloban la mayor parte de las actividades en las que intervendría un instrumento, y para las que puede ser necesario disponer de información de referencia. Dichas tipologías son las correspondientes a normas, procedimientos de calibración y manuales de uso.

- La metodología de análisis se ha implementado de acuerdo a tres niveles claramente diferenciados:
 - Análisis general
 - Análisis de coherencia interna (individual)
 - Análisis de compatibilidad externa (relación con los demás documentos).

Con la aplicación de estos tres niveles de análisis se identifica el grado de cumplimiento de un determinado documento, de acuerdo a las expectativas de uso para las cuales se haya elaborado.

- En el primer nivel se contemplan los aspectos generales relativos a la denominación, cronología y estructura de contenidos que cada documento utiliza. De esta forma se pretende poner de manifiesto las discrepancias y similitudes que los distintos documentos presentan en características tan básicas como las anteriormente mencionadas. Las conclusiones extraídas en este punto supondrán un claro indicador de cuales van a ser los resultados que deriven de los análisis posteriores.
- Se han definido los denominados “criterios de evaluación” para el análisis de coherencia interna, los cuales identifican las expectativas de contenidos que tendría un usuario tipo de estos documentos, y que suelen estar basadas en su formación y en su propia experiencia.
- Se han establecido un conjunto de índices numéricos para su aplicación en las evaluaciones. De esta forma se han podido cuantificar las valoraciones realizadas, permitiendo así objetivar las conclusiones derivadas de los resultados obtenidos.
- La metodología que se ha desarrollado no sólo contempla los contenidos de forma individual, sino que además permite evaluar la relación general de un documento con el resto. Esta evaluación comparativa puede corresponder a contenidos que se consideran comunes al conjunto de tipologías consideradas, o puede estar dirigida a la relación particular que se establece entre dos documentos homólogos en cuanto al total de sus contenidos (comunes y específicos).
- Se ha desarrollado una aplicación práctica de esta metodología, tomando como objeto de estudio el comparador mecánico, por ser uno de los instrumentos de mayor utilización en las actividades metrológicas dimensionales.
- La selección de la documentación se ha establecido en base al criterio de utilizar documentación originaria de organismos españoles, de forma que se trabajase sobre los documentos de mayor utilización en este país, teniendo en

cuenta que, además, parte de los mismos posee un ámbito de aplicación mayor.

- Se han obtenido resultados numéricos en la evaluación de cada documento, tanto de forma parcial como global, así como a nivel individual o en su relación con los demás.
- Se ha realizado una discusión justificativa de dichos resultados, de acuerdo a los niveles de análisis establecidos. Esta discusión ha puesto de manifiesto los aspectos más destacables de cada documento, tanto si han sido favorables como desfavorables, y ha permitido identificar cómo afronta cada uno de ellos una determinada actividad frente a su homólogo, evidenciando el grado en que son compatibles. En definitiva, se ha hecho posible optimizar el proceso de selección de un documento en base a su grado de adecuación a la actividad metroológica que afecta.

9.3 Conclusiones particulares

En el apartado anterior han quedado recogidas las conclusiones generales que han derivado de las actuaciones que se han llevado a cabo para la consecución de los objetivos planteados al inicio de la presente tesis. Pero además, pueden extraerse otras conclusiones de carácter específico, las cuales proceden de otro tipo de actuaciones que han surgido de forma paralela al desarrollo del trabajo principal, y que han permitido enriquecer el proceso en su conjunto. Se van a considerar las siguientes:

- La elección del instrumento comparador mecánico ha permitido disponer de un conjunto de documentos suficientemente extenso con el que poder abordar cada una de las actividades principales que han sido identificadas en los objetivos del presente trabajo. Además, dado que es un instrumento cuya utilización está muy generalizada, la metodología desarrollada puede ser utilizada por cualquier tipo de usuario, ya sea experto, técnico o simplemente usuario con formación básica.
- Se ha indicado que existen una serie de organismos y entidades en España que conforman la cabecera a nivel de referencias metroológicas, siendo claramente mayoritario el número de usuarios que utilizan sus documentos. Destacan entre ellos el Centro Español de Metrología (CEM), la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) y la Asociación Española para la Calidad (AEC).
- El Sistema de Calibración Industrial (SCI), a pesar de ser una estructura cuyas funciones han sido asumidas por el Laboratorio Nacional (CEM) en cuanto a

actividad metroológica de referencia, sigue manteniendo disponibles gran parte de sus procedimientos (identificados bajo la denominación de procesos de calibración). Sin embargo, éstos no han sido actualizados, por lo que no están adaptados a las actuales directrices internacionales en la materia.

- Se ha constatado, por ello, la existencia de documentos homólogos que, desarrollando un mismo proceso, en este caso una calibración, y utilizando el mismo método, siguen planteamientos completamente distintos, posiblemente motivados por la diferencia temporal entre ambos. La diferencia fundamental está en que uno de los documentos tiene como fin principal la determinación de características metroológicas y la asignación de calidades, siendo el cálculo de incertidumbre una operación adicional, y por tanto muy poco desarrollada. Sin embargo, el documento más reciente ni siquiera referencia la verificación y desarrolla de forma completa el cálculo de incertidumbre.
- Se ha podido comprobar que en el caso de los documentos normativos, el organismo correspondiente suele elaborar más de una norma relativa a una misma actividad, pudiendo no existir relación entre ellas en cuanto a contenidos o sobre los principios en los que están basados. Al igual que en caso anterior, la razón puede ser la fecha de edición.
- Asimismo, se ha apreciado una situación de clara incompatibilidad en el caso de la norma UNE 82310 y el proceso SCI D-006, que han sido las referencias documentales más importantes durante un amplio periodo de tiempo. Ambos documentos desarrollan los contenidos con una misma orientación: la determinación y verificación de una serie de características metroológicas, su verificación con tolerancias máximas y la asignación de calidades. Sin embargo no se ha observado ninguna coincidencia en cuanto a la identificación de parámetros o en la asignación de tolerancias. Esto es significativo, ya que el proceso SCI corresponde a una segunda edición, del año 1993, muy posterior a la publicación de la norma (1985). Por tanto, se considera que hubiese sido más natural que la norma hubiese estado referenciada en dicho documento, desarrollando éste sus contenidos de acuerdo a las directrices establecidas en la misma. Esto podría constituir un ejemplo de carencia de relación entre los organismos implicados, que ocasionaría importantes inconvenientes en el desarrollo de cualquier actividad que pueda estar regulada por ellos, justificando de esta manera las consideraciones expuestas en el planteamiento general de este capítulo.
- En el caso del CEM, se constata la existencia de un importante nexo común entre documentos que inicialmente habrían sido concebidos con fines distintos. Es posible que la causa se deba a que en su elaboración han participado autores con clara orientación investigadora o científica, frente a la posición más operativa que podría aportar un usuario más genérico. El resultado final es que, existiendo dos documentos en los que aparentemente se persiguen distintos objetivos, aun siendo complementarios, no se consigue un cuerpo documental

completo. Dicho cuerpo hubiera permitido cubrir de forma más adecuada el conjunto de operaciones aplicables al instrumento considerado.

- En el apartado de antecedentes, se ha podido comprobar que, a lo largo del tiempo, se han realizado numerosos intentos de recopilación, clasificación o agrupación de información, siguiendo estructuras más o menos sistematizadas, de forma que el conjunto final integrara adecuadamente los contenidos relativos, por ejemplo, a un determinado equipo o proceso. Sin embargo, en la mayoría de los casos los resultados no han satisfecho las expectativas establecidas. Se ha indicado que la causa podría estar en que este proceso integrador no estaba sustentado en un análisis inicial de la documentación implicada, de forma que no era conocido de antemano el grado de idoneidad de los contenidos implicados.
- El análisis inicial de la documentación metrológica seleccionada ha permitido obtener importante información acerca de los distintos documentos considerados, realizando una valoración cualitativa de contenidos, a nivel individual e independiente. En este proceso se ha puesto de manifiesto la utilidad de aplicar esquemas básicos para realizar cualquier análisis de documentos, favoreciendo de esta forma la recogida de información y su posterior procesado. Las fichas de análisis realizadas han permitido disponer de un primer esquema de evaluación, facilitando en gran medida la configuración de la estructura de análisis que posteriormente se ha definido en la metodología desarrollada en el presente trabajo.
- Una vez realizado el análisis inicial, ha quedado patente la necesidad de aplicar algún procedimiento que permitiese aumentar la objetividad en los resultados y la generalización del análisis en lo referente a los instrumentos. Esto ha propiciado la realización de una consulta externa dirigida a diferentes expertos metrológicos. Con esta consulta se ha pretendido conocer el grado de utilización de documentación metrológica española, así como el nivel de satisfacción con dicho uso.
- Los resultados extraídos de esta evaluación externa han permitido demostrar, en primer lugar, que la utilización de documentación metrológica es indispensable para el desarrollo de cualquier actividad metrológica. Asimismo, ha quedado plenamente respaldada la elección de documentos realizada para el estudio inicial, ya que se ha podido constatar que son éstos los que con mayor frecuencia se identifican como referencia documental en cualquiera de las actividades metrológicas consideradas.
- Estos resultados han puesto de manifiesto el grado de satisfacción que dichos documentos proporcionan al usuario en el desarrollo de las distintas actividades. Este conocimiento ha supuesto una notable aportación al desarrollo de la metodología, ya que ha sido utilizado como fuente de información para la definición de los criterios de evaluación. Los criterios se

han basado en expectativas de contenidos, las cuales han quedado recogidas en las respuestas de las consultas realizadas.

- Se ha constatado que, en el ámbito metrológico español, las normas son los documentos más utilizados en cualquier campo de trabajo, especialmente las editadas por el organismo nacional AENOR, pero sin olvidar las procedentes del ámbito internacional, ISO.
- También se ha comprobado que, en el ámbito de la calibración, los procedimientos de calibración editados por el CEM se posicionan como una referencia imprescindible para el desarrollo del proceso de calibración, siendo además muy positiva la valoración que de estos documentos se realiza por parte de los usuarios.
- Por su parte, en la práctica general del uso de un equipo, las respuestas aportadas han puesto de manifiesto que no existe documentación externa suficientemente adecuada que cubra las necesidades. Se ha indicado que esto puede ser debido a la amplitud propia de este campo, que hace casi imposible abordarlo de forma completa, pero también por el hecho de que la documentación existente no haya sido concebida para este fin, sino más bien como complemento a la que existe para la otra actividad.
- En lo que respecta a la metodología propuesta, se han definido descriptores identificativos para cada criterio de evaluación. Con ello se ha pretendido evitar ambigüedades en la interpretación de la valoración que realice el evaluador que emplee la metodología propuesta.
- Aplicando dicha metodología en la evaluación individual de la documentación relativa a comparadores mecánicos, se han distinguido los documentos que contemplan, de forma bastante fiel, los aspectos que deben ser desarrollados de acuerdo a su tipología. Este es el caso de los procedimientos de calibración y también, aunque en menor medida, el de las normas, si bien diferenciando el grado de profundidad y rigor con que lo llevan a cabo dentro de sus tipologías. Por el contrario, en los manuales de uso se ha podido comprobar que los contenidos se alejan sustancialmente de lo que supuestamente se debía pretender con su emisión. Estos manuales dan la sensación de convertirse más bien en unos complementos al procedimiento de calibración publicado por el organismo correspondiente, incluyendo de forma muy soslayada los aspectos que realmente deberían conformar el cuerpo principal del documento.
- Se ha constatado que las evaluaciones relativas al grado de compatibilidad entre documentos de la misma tipología reflejan diferencias importantes entre los mismos, siendo el factor temporal el que posee mayor influencia. La causa podría estar en que actualmente las referencias son mucho más abundantes y, lo más importante, que existe un elevado grado de homogeneización en el desarrollo de las distintas actividades metrológicas. Esta situación afecta

sustancialmente a la generación de los contenidos que regulan dichas actividades, ya sea en el enfoque con el que se plantean, como de la propia estructura en la que se desarrollan sus contenidos.

- En la evaluación comparativa realizada entre los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología y los procedentes de la consulta externa, se ha puesto de manifiesto que ambos resultados expresan una misma tendencia de opinión, siendo más favorable la ofrecida en la evaluación de contenidos mediante criterios. No obstante, las valoraciones de la consulta tienden siempre hacia opiniones positivas, aunque en ocasiones la respuesta más frecuente sea moderada. No ocurre lo mismo con los manuales, donde se constata un cambio en la tendencia de opinión en algunos de los apartados, aunque hay que considerar que existe una mayor dispersión de opinión. Por tanto, en líneas generales, los resultados obtenidos por aplicación de la metodología propuesta tienen un nivel importante de similitud con las valoraciones realizadas por expertos metrólogos, teniendo en cuenta el carácter individual y específico con que ha sido realizado éstas, frente a la condición colectiva y general de aquella.

9.4 Líneas de desarrollo futuro

Además de las actividades de comunicación de los resultados del trabajo de investigación que comprende la Tesis Doctoral a los distintos agentes y foros de la comunidad científico-tecnológica atingentes al tema y contenidos de la misma, cabe la formulación de líneas de desarrollo que, apoyándose en mayor o menor medida en el presente trabajo, puedan conducir a nuevos avances del conocimiento en este campo del saber.

Estas líneas de desarrollo futuro pueden plasmarse en los siguientes apartados:

- Aplicación de la metodología aquí desarrollada a otros tipos de instrumentos y equipos metrológicos.
- Posibilidad de incorporar experiencias de análisis crítico de documentación metrológica y tecnológica en las enseñanzas del EEES de las titulaciones técnicas de la rama industrial.
- Desarrollo de metodologías y protocolos de génesis y elaboración de documentación tecnológica que conduzcan a la obtención de documentos con terminología, estructura, coherencia interna y compatibilidad optimizadas.
- Actuaciones para intentar promover, en la medida de lo posible, actuaciones que permitan llevar a cabo la coordinación entre los agentes implicados, con

objeto de conseguir una mejora en las actividades de elaboración y difusión de documentación metroológica.

Capítulo 10

REFERENCIAS

10 REFERENCIAS

- [Abud, 2005] I. Abud: Metodología de análisis y mejora de la formación en ingeniería industrial basada en métodos de la calidad y categorías universales. *Tesis Doctoral*. Universidad de Zaragoza (2005)
- [AEC, 1989] AEC: CPM 14 *Consejo para la práctica metrológica*. Asociación Española para de Calidad, AEC, Madrid (1989)
- [AENOR, 1999] AENOR: *Dibujo técnico. Normas básicas*, AENOR, Madrid (1999)
- [AENOR, 2001] AENOR: *Metrología dimensional*, AENOR, Madrid (2001)
- [AENOR:1990] AEN/DN 1297/1990 *Guía para la redacción de documentos normativos UNE*, AENOR (1990)
- [AENOR:2006] AEN/DN 013/2006 *Guía para la redacción de documentos normativos UNE*, AENOR (2006)
- [Aldabaldetrecu, 2009] P. Aldabaldetrecu, *Historia Tecnológica*, www.museo-maquina-herramienta.com (2009)
- [Álvarez, 1999] V. Álvarez: *La normalización industrial*. Tirant lo Blanch y Universitat de València (1999)
- [ANSI/ASME, 2009] ANSI/ASME: Dimensioning and tolerancing, ANSI/ASME (2009)
- [ASCH, 1982] G. ASCH: *Les capteurs en instrumentation industrielle*, Dunod, París (1982)
- [Bacon, 2004] F. Bacon: *Novum Organum*, Losada, Buenos Aires (2004)

- [Balzola, 1944] M. Balzola: *DIN. Normas fundamentales*, M. Balzola, Bilbao (1944)
- [Barnes, 1998] J. Barnes (editor): *The Complete Works of Aristotle*, Princeton University Press, Princeton (1998)
- [Bennich, 2005, a] Bennich P.; Nielsen H. *An Overview of GPS. A cost saving tool*, Institute for Geometrical Product Specifications, Vaerloese (2005)
- [Bennich, 2005, b] Bennich P.; Nielsen H., "Libro de bolsillo GPS", Institute for Geometrical Product Specifications, Vaerloese (2005)
- [Blunt, 2004] W. Blunt: *Linnaeus: the complete naturalist*. Frances Lincoln, London (2004)
- [BOE 140:1991] BOE nº 140 : *Resolución de 14 de marzo de 1991, de la Dirección General de Política Tecnológica*, 14936, pág. 19321: (12/06/1991)
- [Carro, 1978] J. Carro: *Curso de Metrología Dimensional*. ETS Ingenieros Industriales-UPM, Madrid (1978)
- [Casillas, 2008] A.L. Casillas: *Cálculos de Taller*, Ed. Casillas, Madrid (2008)
- [CEM, 1994] CEM: *Vocabulario Internacional de Metrología*. 1ª Edición, Centro Español de Metrología, Madrid (1994)
- [CEM, 1998] CEM: *Procedimiento para la realización de procedimientos de calibración*, MINER-CEM, 1ª ed. Madrid (1998)
- [CEM, 2000, a] CEM, *Vocabulario Internacional de términos básicos y generales de Metrología*. 2ª Edición, Centro Español de Metrología, Madrid (2000)
- [CEM, 2000, b] CEM, *Guía para la expresión de la Incertidumbre en las calibraciones*. 2ª Edición, Centro Español de Metrología, Madrid (2000)
- [CEM, 2000, c] CEM: *Guía para la expresión de la incertidumbre de medida*, CEM, 2ª Edición, Centro Español de Metrología, Madrid (2000)
- [CEM, 2002] CEM, *Clasificación de Instrumentos de Metrología*. 1ª Edición, Centro Español de Metrología, Ministerio de Fomento, Madrid (2002)

- [CEM, 2003, a] CEM: DI-010: *Procedimiento para la calibración de comparadores mecánicos.*, Madrid (2003)
- [CEM, 2003, b] CEM: *Procedimiento para la realización de manuales de uso de instrumentos de medida*, Ministerio de Fomento, Centro Español de Metrología, 1ª Edición (2003)
- [CEM, 2004] CEM: MU-DI-002: *Manual de uso de comparadores mecánicos.* Centro Español de Metrología, Ministerio de Fomento, Madrid (2004)
- [CEM, 2008] CEM: Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM), Centro Español de Metrología, Ministerio de Fomento, 3ª edición, Madrid (2008)
- [CETA 00001] CETA 00001: *Normalización CETA. Clasificación General*, CETA (1962)
- [CIPM, 1981] CIPM: *Recommandation 1* (CI-1981), CIPM, Procès-Verbaux des Séances, 40^e Session, París (1981)
- [Dejans, 2006] M. Dejans, H. Lehu, R. Quatremer, J-P. Trotignon, AFNOR-NATHAN, Paris (2006)
- [Diderot, 1751] D. Diderot y d'Alembert : *L'Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Paris (1751-1772)
- [Dietrich, 2004] R. Dietrich D. Garsaud, S. Gentillon, M. Nicolas : *Précis de methodes d'usinage - Méthodologie, production et normalisation*, AFNOR-NATHAN, Paris (2004)
- [DIN 878:1983] DIN 878:1983 *Dial gauges*, Deutsches Institut für Normung, Berlín-Tiergarten (1983)
- [EA, 1999] EA: *EA-4/02 Expression of the uncertainty of measurement in calibration*, European co-operation for Accreditation (1999)
- [ENAC, 1998, a] ENAC: *Expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones*, CEA-ENAC-LC/02, rev. 1, Entidad Nacional de Acreditación, Madrid (1998)
- [ENAC, 1998, b] ENAC: *Criterios específicos de acreditación. Elaboración de certificados de calibración*, CEA-ENAC-LC/01, rev. 3, Entidad Nacional de Acreditación, Madrid (1998)

- [ENAC, 2009] ENAC: CGA-ENAC-LEC Criterios generales para la acreditación de laboratorios de ensayo y calibración según norma UNE-EN ISO/IEC 17025, Rev. 5, Entidad Nacional de Acreditación, Madrid (2009)
- [Esteves, 2007] A. Esteves: *La medición dimensional: del codo a la micra*, <http://www.metalunivers.com/Tecnica/Hemeroteca/ArticuloCompleto.asp?ID=8413>
- [Farago, 1982], F.T. Farago: *Handbook of dimensional measurement*, Industrial Press, New York (1982)
- [González, 1995] C. González, R. Zeleny: *Metrología*. McGraw-Hill, Méjico (1995)
- [González, 2008] M.R. González: *Organización del desarrollo integrado y sostenible de la empresa en Aragón mediante categorías universales. Aplicación a la Ribera Alta del Ebro. Tesis Doctoral*. Universidad de Zaragoza (2008)
- [González, 2009] M. González: *Estudio sobre requerimientos de normalización en relación con los M.C.I.A. y propuesta para su adaptación a las enseñanzas técnicas universitarias en el marco del EEES*. Tesis Doctoral, Universidad de Málaga, 2009.
- [Hume, 1980] K.J. Hume: *A History of Engineering Metrology*. Mechanical Engineering Publications LTD. Lon[don (1980)
- [Hütte, 1940] Hütte, Manual del Ingeniero, Academia Hütte de Berlín, Gustavo Gili, Barcelona (1940)
- [IEC, 2001] IEC 60529:2001 *Grados de protección proporcionados por las envolventes* (2001)
- [ISO, 1993] ISO: *Guide to the expression of uncertainty of measurement (GUM)*, ISO, Genève (1993)
- [ISO/TR 14636:1995] ISO: *ISO/TR 14636:1995 Geometrical Product Specification (GPS). Masterplan*. ISO, Genève (1995)
- [ISO 3650, 1998] ISO: *Geometrical Product Specifications (GPS) – Length standards – Gauge blocks*, ISO, Genève (1998)
- [ISO, 2008] ISO: *The ISO 9000 Family - Global management standards*, ISO, (2008)
- [Jiménez, 1977] L. Jiménez Balboa: *Prontuario de Técnica Mecánica*. Marcombo, Barcelona (1977)

- [Linneo, 1758] K.N. Linneo, *Systema Naturae*, Holmiae, Estocolmo (1758)
- [López, 2006] L. López, J. Pose, F. Romero, *Análisis del nuevo modelo ISO para la especificación geométrica de productos*, XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Sitges, Barcelona (2006)
- [Mahr, 1987] Mahr: Catálogo comercial *Dimensional Metrology*, C. MAHR, nº 87E, Esslingen (1987)
- [Martín, 2009] M.J. Martín, I. Flores, M.A. Sebastián: *Evaluación de contenidos de la documentación específica UNE y CEM sobre tres tipos de instrumentos comunes de Metrología Dimensional*. 3rd Manufacturing Engineering Society International Conference, Alcoy (2009)
- [Martínez, 1999] M.A. Martínez: *La empresa Nacional de Autocamiones, S.A., 1946-1975*. Centro Histórico Pegaso (1999)
- [McNeil, 2002] I. McNeil: *An Encyclopedia of the History of Technology*. Taylor & Francis e-Library, 2002
- [Mitutoyo, 2008] Mitutoyo: *Catálogo 2008*.
http://www.unceta.es/catalogos_mitutoyo.asp
- [Montilla, 2004] D.L. Vega: *Modelización y seguimiento del flujo de información en proyectos de fabricación industrial, mediante categorías universales e intranet*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza (2004)
- [Ortiz, 1999] J.M. Ortiz: *Evolución histórica de la industria de equipos y componentes de automoción*, Universidad Complutense de Madrid (1999)
- [PNE 0000:1983] PNE 0-000-83: *Guía para la preparación de normas*, IRANOR (1983)
- [PNE 4041] PNE 4-041 *Bloques patrones*, IRANOR (no se publicó)
- [RD 1614/1985] Real Decreto 1614/1985, de 1 de agosto: *Ordenación de las actividades de normalización y certificación*. Presidencia del Gobierno (BOE número 219 de 12/9/1985)
- [RD 2200/1995] Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre: *Reglamento de la Infraestructura para la calidad y la seguridad industrial*. Ministerio de Industria y Energía (BOE número 32 de 6/2/1996)

- [RD 2584/1981] Real Decreto 2584/1981, de 18 de Septiembre: *Reglamento general de las actuaciones del ministerio de industria y energía en el campo de la normalización y homologación*. Ministerio de Industria y Energía (BOE número 263 de 3/11/1981)
- [Sánchez, 1999] A.M. Sánchez: *Fundamentos de Metrología*. ETS Ingenieros Industriales-UPM. Madrid (1999)
- [SCI, 1984] SCI: *Clasificación de Instrumentos de Metrología Dimensional*. Sistema de Calibración Industrial, Ministerio de Industria y Energía, 1ª ed. Madrid (1984)
- [SCI, 1985, a] SCI: *Proceso de Calibración D-006 para Comparadores Mecánicos*. 1ª edición, Sistema de Calibración Industrial, Ministerio de Industria y Energía, Madrid (1985)
- [SCI, 1985, b] SCI: *Proceso de calibración D-001 para bloques patrón longitudinales D-01.02*, 1ª edición, Sistema de Calibración Industrial, Ministerio de Industria y Energía, Madrid (1985)
- [SCI,1992] SCI: *Clasificación de Instrumentos de Metrología Dimensional*. Sistema de Calibración Industrial, Ministerio de Industria y Energía, 2ª ed. Madrid (1992)
- [SCI, 1993] SCI: D-006: *Proceso de Calibración para Comparadores Mecánicos*. 2ª edición, Sistema de Calibración Industrial, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Madrid (1993)
- [Sebastián, 1996] M.A. Sebastián: *Apuntes del Curso de Experto Universitario en Calidad Industrial*. UNED (1996)
- [Sebastián, 1997] C. González, M.A. Sebastián, E. Gómez: *Consideraciones a los mecanismos y elementos infraestructurales de calidad y seguridad industrial*. Deformación Metálica 235, 44-47 (1997)
- [Sevilla, 2001] L. Sevilla: *Análisis comparativo y propuesta metodológica para la evaluación de métodos de medida indirecta de ángulos*. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad de Málaga, Málaga (2001)
- [Sevilla, 2002] L. Sevilla, M.J. Martín, F. Martín: *Software para la Gestión Integrada de un Laboratorio de Metrología*. XV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica. Cádiz (2002)
- [Sevilla, 2003] C. Sevilla, J. Bisbal: *La Metrología en España*. Centro Español de Metrología, Madrid (2003)

- [Sevilla, 2008] L. Sevilla, M.J. Martín: *Metrología Dimensional*. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad de Málaga, 4ª edición, Málaga (2008)
- [Torres, 2004, a] F. Torres: *Leonardo da Vinci: un modelo multidisciplinar abierto al mundo de hoy*. Encuentros Multidisciplinares, 6 (17) 18-36 (2004)
- [Torres, 2004, b] F. Torres: I. Abud: *Basis and Strategies for a New and Integrated Approach of Education in Quality through Universal Categories*; 8th International Symposium on Measurement and Quality Control in Production, Erlangen, Germany (2004)
- [UNE 0000:1985] UNE 0-000-85: *Guía para la preparación de normas*, IRANOR, Madrid (1985)
- [UNE 82103:1996] UNE 82103:1996: *Unidades SI y recomendaciones para el empleo de sus múltiplos y submúltiplos y de algunas otras unidades*. AENOR, Madrid (1996)
- [UNE 82309-1:1995] UNE 82-309-1:1995: *Mesas de planitud: acero fundido* (ISO 8512-1), AENOR, Madrid (1995)
- [UNE 82309-2:1995] UNE 82-309-1:1995: *Mesas de planitud: granito* (ISO 8512-2), AENOR, Madrid (1995)
- [UNE 82310:1985] UNE 82-310-85: *Comparadores de cuadrante*. AENOR, Madrid (1985)
- [UNE 82311:1985] UNE 82-311-85 (ISO 3650) *Bloques patrón*, IRANOR, Madrid (1985)
- [UNE-CR ISO 14638:2005] UNE-CR ISO 14638:2005: *Especificación geométrica de productos (GPS). Esquema general*. (ISO/TR 14638:1995), AENOR, Madrid (2005)
- [UNE-EN ISO 463:2006] UNE-EN ISO 463:2006: *Especificación geométrica de productos (GPS). Equipos de medición dimensional. Diseño y características metroológicas de relojes comparadores mecánicos*. AENOR, Madrid (2006)
- [UNE-EN ISO 9000:2005] UNE-EN ISO 9000:2005: *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. (ISO 9000:2005), AENOR, Madrid (2005)

- [UNE-EN ISO/IEC 17025:2005] UNE-EN ISO/IEC 17025:2000: Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. AENOR, Madrid (2005)
- [Wiegand, 1996] W. A. Wiegand: *Irrepressible Reformer: A Biography of Melvil Dewey*. American Library Association, Chicago(1996)
- [www.aec.es] www.aec.es Web de la Asociación Española de la Calidad
- [www.aenor.es] www.aenor.es Web de la Asociación Española de Normalización y Certificación
- [www.cej.se] <http://www.cej.se> Web de empresa suministradora de equipamiento metroológico
- [www.cem.es] www.cem.es Web del Centro Español de Metrología
- [www.enac.es] www.enac.es Web de la Entidad Nacional de Acreditación
- [www.mityc.es] www.mityc.es Web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
- [www.tecnimetalsa.es] <http://www.tecnimetalsa.es/> Web de La empresa TECNIMETAL S.A.
- [www.uma.es/cemum/] www.uma.es/cemum/ Web del Centro de Metrología de la Universidad de Málaga
- [www.zeisshistorica.org] www.zeisshistorica.org/ Web de la Zeiss Historical Society
- [Yoldi, 2010] V. Yoldi: *Gestión tecno-económica de la calidad en empresas productivas mediante categorías universales*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza (2010)

ANEXOS

Anexo A

PORTADAS E ÍNDICES DE DOCUMENTOS ANALIZADOS

Portada UNE 82-310

CDU 531.713

Noviembre 1985

Imprime y edita: Instituto Español de Normalización (IRANOR) – Fernández de la Hoz, 52 - 28010 Madrid – Teléfono 410 49 61 – Reproducción prohibida

NORMA ESPAÑOLA	Comparadores de cuadrante	UNE 82-310-85
<p>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION</p> <p>Esta norma fija las características dimensionales y funcionales de los comparadores de cuadrante, con o sin protección contra golpes, y da algunas recomendaciones sobre las características de precisión.</p> <p>Esta norma es aplicable sólo para comparadores de cuadrante con divisiones de 0,01 mm (campo de medida hasta 10 mm) y 0,001 mm (campo de medida hasta 5 mm). Para comparadores milésimales de precisión, véase la norma UNE 82-312.</p> <p>Para comparadores con protección contra el agua y estancos al agua, se emplean requerimientos especiales no indicados en esta norma.</p> <p>2 DEFINICIONES</p> <p>2.1 Comparador de cuadrante</p> <p>Un comparador de cuadrante es un instrumento de medida en el que los desplazamientos de un palpador son transmitidos, mediante un sistema mecánico apropiado, a una aguja indicadora que se desplaza delante de una escala circular graduada en divisiones iguales a lo largo de toda la circunferencia.</p> <p>2.2 Error de indicación f_0</p> <p>Es la diferencia de ordenadas entre el punto más alto y el más bajo del gráfico de las desviaciones efectuadas en todo el campo de medida, con el palpador entrando (o sea desplazando el palpador contra la fuerza de medida) (véase la figura 4).</p> <p>2.3 Error de indicación parcial f_t</p> <p>Es la diferencia de ordenadas entre el punto más alto y el más bajo de las desviaciones encontradas, con el palpador entrando, en un intervalo de medición de $\pm 0,1$ mm, de los valores máximo y mínimo encontrados según el apartado 2.2 (véase la figura 4).</p> <p style="text-align: right;"><i>Continúa en páginas 2 a 8</i></p>		
Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al IRANOR – Fernández de la Hoz, 52 – 28010 Madrid		

UNE 82-310-85

Dial gauges.
Comparateurs à cadran.

Depósito legal: M 36639-85

Grupo 4

ÍNDICE UNE 82-310

- 1.- **OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**
- 2.- **DEFINICIONES**
 - 2.1.- *Comparadores de cuadrante*
 - 2.2.- *Error de indicación f_e*
 - 2.3.- *Error de indicación parcial f_t*
 - 2.4.- *Error de indicación total f_{total}*
 - 2.5.- *Error de inversión f_u*
 - 2.6.- *Repetibilidad f_w*
 - 2.7.- *Margen de inversión de la fuerza de medida f_k*
- 3.- **DIMENSIONADO**
- 4.- **REQUISITOS**
 - 4.1.- *Tolerancias admisibles*
 - 4.2.- *Fuerza de medida y margen de inversión de la fuerza f_k*
 - 4.3.- *Esfera graduada*
 - 4.4.- *Aguja indicadora y movimiento de la misma*
 - 4.5.- *Totalizador de vueltas*
 - 4.6.- *Punta del palpador*
- 5.- **COMPROBACIÓN**
 - 5.1.- *Errores de indicación f_e y f_t*
 - 5.2.- *Error de indicación total f_{total}*
 - 5.3.- *Repetibilidad f_w*
 - 5.4.- *Error de inversión f_u*
 - 5.5.- *Fuerza de medida y margen de inversión de la fuerza de medida f_k*
 - 5.6.- *Aparatos de comprobación*
- 6.- **RECOMENDACIONES**
- 7.- **CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS**

Portada UNE-EN ISO 463

norma española

UNE-EN ISO 463

Septiembre 2006

TÍTULO

Especificación geométrica de productos (GPS)

Equipos de medición dimensional

Diseño y características metroológicas de relojes comparadores mecánicos

(ISO 463:2006)

Geometrical Product Specifications (GPS). Dimensional measuring equipment. Design and metrological characteristics of mechanical dial gauges. (ISO 463:2006).

Spécification géométrique des produits (GPS). Instruments de mesurage dimensionnel: Comparateurs mécaniques à cadran. Caractéristiques de conception et caractéristiques métrologiques. (ISO 463:2006).

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 463:2006, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 463:2006.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 82 *Metrología y Calibración* cuya Secretaría desempeña AENOR.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 37707:2006

© AENOR 2006
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

20 Páginas

Grupo 14

ÍNDICE UNE-EN ISO 463

PRÓLOGO

INTRODUCCIÓN

1.- OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

2.- NORMAS PARA CONSULTA

3.- TÉRMINOS Y DEFINICIONES

4.- CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

4.1.- General

4.2.- Dimensiones

4.3.- Carátula y aguja indicadora

4.4.- Dispositivo cuentavueltas

4.5.- Punta de contacto

4.6.- Ajuste del acero

4.7.- Indicadores de límite móviles

4.8.- Características de diseño (especificación del fabricante)

5.- CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS

5.1.- Errores Máximos Permitidos (MPE) y Límites Máximos Permitidos (MPL) de ciertas características metrológicas

5.2.- Punta de contacto

5.3.- Fuerza de medición

6.- PRUEBA DE CONFORMIDAD CON LAS ESPECIFICACIONES

6.1.- General

6.2.- Patrones de medición para la calibración de las características metrológicas

7.- MARCADO

ANEXO A (Informativo): EJEMPLO DE UN DIAGRAMA DE ERRORES DE INDICACIÓN

ANEXO B (Informativo): EJEMPLO DE HOJA DE DATOS PARA RELOJES COMPARADORES MECÁNICOS

ANEXO C (Informativo): CALIBRACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS

ANEXO D (Informativo): RELACIÓN CON EL MODELO DE LA MATRIX GPS

BIBLIOGRAFÍA

Portada PC D-006 SCI



PROCESO DE CALIBRACION D-006

para

COMPARADORES MECANICOS D-03.01

Segunda edición: enero 1993

Edición inicial: enero 1985

Este PROCESO DE CALIBRACION es susceptible de modificación permanentemente, a instancias de cualquier persona o entidad. Las propuestas de modificación, convenientemente razonadas, se dirigirán a la Dirección General de Política Tecnológica del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (Paseo de la Castellana, 160. 28071 MADRID).

ÍNDICE PC D-006 SCI

- 1.- **CAMPO DE APLICACIÓN**
- 2.- **IDENTIFICACIÓN**
- 3.- **PROCESO DE CALIBRACIÓN**
- 4.- **RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**
- 5.- **PERIODOS DE CALIBRACIÓN**
- 6.- **BIBLIOGRAFÍA**
- 7.- **EJEMPLOS**

Portada PC DI-010 CEM



Portada interior PC DI- 010 CEM

Este procedimiento de calibración es susceptible de modificación permanente a instancia de cualquier persona o entidad. Las propuestas de modificación se dirigirán por escrito al Grupo de Trabajo MINER-CEM (Centro Español de Metrología, C/ del Alfar, 2 - 28760 - Tres Cantos (MADRID)), justificando la necesidad de la modificación.

Edición 0

PROCEDIMIENTO DI-010 PARA LA CALIBRACIÓN DE COMPARADORES MECÁNICOS

ÍNDICE PC DI-010 CEM

- 1.- **OBJETO**
- 2.- **ALCANCE**
- 3.- **DEFINICIONES**
- 4.- **GENERALIDADES**
- 5.- **DESCRIPCIÓN**
 - 5.1.- *Equipos y materiales (calibración con bloques patrón)*
 - 5.2.- *Equipos y materiales (calibración con banco)*
 - 5.3.- *Operaciones previas (general)*
 - 5.4.- *Operaciones previas (calibración con bloques patrón)*
 - 5.5.- *Operaciones previas (calibración con banco)*
 - 5.6.- *Proceso de calibración con bloques patrón*
 - 5.7.- *Proceso de calibración con banco*
 - 5.8.- *Toma y tratamiento de datos (calibración con bloques patrón)*
 - 5.9.- *Toma y tratamiento de datos (calibración con banco)*
- 6.- **RESULTADOS**
 - 6.1.- *Cálculo de incertidumbre*
 - 6.2.- *Interpretación de resultados*
- 7.- **REFERENCIAS**
- 8.- **ANEXOS**
 - 8.1.- *Ejemplo numérico (calibración con bloques patrón)*
 - 8.2.- *Ejemplo numérico (calibración con banco)*
 - 8.3.- *Incertidumbre asociada a los bloques patrón*
 - 8.4.- *Incertidumbre del banco de calibración de comparadores*

PORTADA CPM-14 AEC

**ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CALIDAD
COMITÉ DE METROLOGÍA**

Comparadores

14

CONSEJOS PARA LA PRÁCTICA METROLÓGICA

ÍNDICE CPM-14 AEC

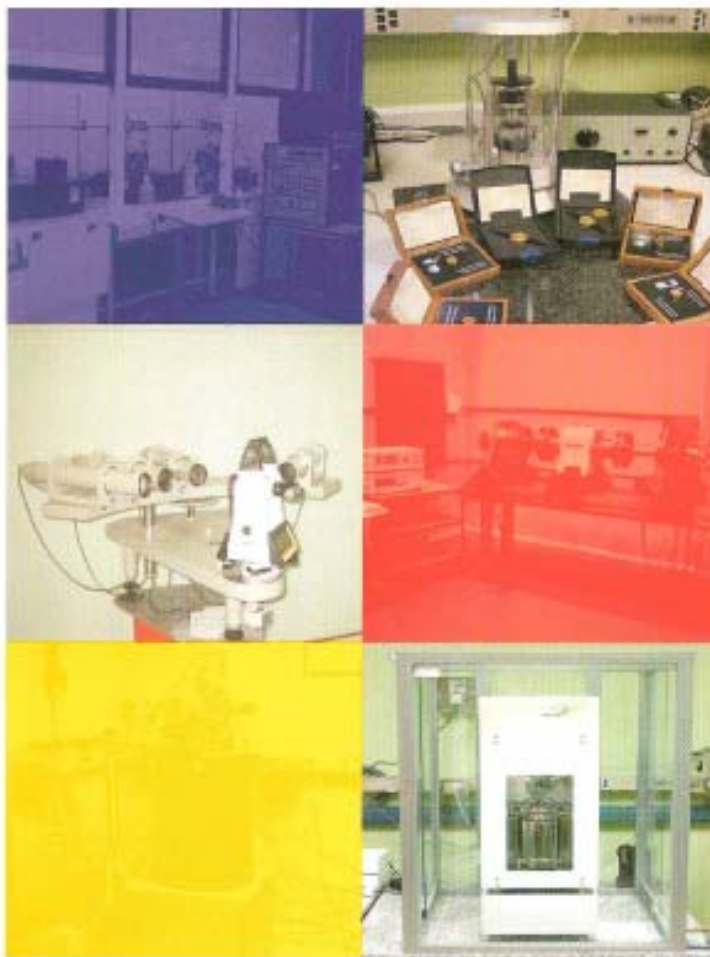
- 1.- **FUNDAMENTO DE LA MEDIDA DIFERENCIAL**
- 2.- **CLASIFICACIÓN DE LOS COMPARADORES**
 - Comparadores de amplificación mecánica*
 - Comparadores de amplificación eléctrica*
 - Comparadores de amplificación neumática*
 - Comparadores de amplificación óptica*
- 3.- **Detalles constructivos y de empleo**
 - Fuerza de medida*
 - Campo de medida útil*
 - Cabezas de contacto*
 - Movimiento del palpador*
 - Error de coseno en el posicionamiento*
- 4.- **CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE MEDIDA CON COMPARADORES**
 - Medición con comparador fijo y pieza móvil*
 - Medición con pieza fija y comparador móvil*
- 5.- **MONTAJE MULTICOTAS**
- 6.- **PROCEDIMIENTOS Y PERÍODOS DE CALIBRACIÓN**
 - Calibración de comparadores con contacto entre el palpador y el mesurando*
 - Calibración de comparadores sin contacto entre el palpador y el mesurando*
 - Períodos de calibración*
- 7.- **NORMALIZACIÓN DE CALIDADES**
- 8.- **INCERTIDUMBRE DE UN COMPARADOR Y DE UNA MEDIDA DIFERENCIAL**
 - Incetidumbre de un comparador*
 - Incetidumbre de una medida diferencial*
- 9.- **EJEMPLO**
 - Datos de partida*
 - Calibración*
 - Cálculos*
 - Calidad*
 - Incetidumbre*
- 10.- **REFERENCIAS**

PORTADA MU-DI-002 CEM

MANUALES DE USO DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Metrología

Metrología



MANUAL MU-DI-002
DE USO DE
COMPARADORES MECÁNICOS



PORTADA INTERIOR MU-DI-002 CEM

Este manual es susceptible de modificación permanente a instancia de cualquier persona o entidad. Las propuestas de modificación se dirigirán por escrito al CEM (Centro Español de Metrología, C/ del Alfar, 2 - 28760 Tres Cantos (MADRID)), justificando su necesidad.

Edición 0

MANUAL MU-DI-002 DE USO DE COMPARADORES MECÁNICOS

ÍNDICE MU-DI-002 CEM

- 1.- **OBJETO**
- 2.- **CARACTERÍSTICAS Y ALCANCE**
- 3.- **DEFINICIONES Y ABREVIATURAS**
 - 3.1.- *Definiciones*
 - 3.2.- *Abreviaturas*
- 4.- **DESCRIPCIÓN**
 - 4.1.- *Consideraciones previas*
 - 4.2.- *Utilización*
 - 4.3.- *Mantenimiento, almacenamiento y ajuste*
 - 4.4.- *Calibración*
 - 4.5.- *Cálculo de incertidumbre de uso*
 - 4.6.- *Presentación y tratamiento de resultados*
- 5.- **REFERENCIAS**
- 6.- **ANEXOS**

Anexo C

RESULTADOS DE LOS CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN

1.- General			Frecuencia	Opción máximo
1.1.-	¿Cuál es su ámbito de trabajo? (si responde otros, especificar)	Empresa	9	Universidad
		Universidad	14	
		Organismos	0	
		Otros	0	
1.2.-	¿De forma principal, en qué departamento de su empresa, relacionado con la metrología, participa?	Calidad	7	Docencia
		Docencia	11	
		Laboratorio	5	
		Producción	0	
		Otros	1	
1.3.-	¿Qué tipo de actividades relacionadas con la metrología suele desarrollar?	Formativa	17	Formativa
		Control producción	4	
		Ensayos	5	
		Medición	12	
		Calibración equipos	8	
		Investigación	11	
		Comercial	2	
		Otros	1	
1.4.-	¿Es usted usuario de documentación metrológica?	SI	20	SI
		NO	0	
1.5.-	De las siguientes tipologías indicadas, ¿cuáles son las que suele utilizar como recurso documental?(si responde otros, especificar)	Normas	18	Normas
		Libros	10	
		Documentos generales	6	
		Documentos relativos a calibración	17	
		Documentos relativos al uso	5	
		Catálogos	7	
		Recursos electrónicos	7	
		Otros	2	
1.6.-	Cuando es posible, ¿utiliza normalmente documentos editados por organismos españoles reconocidos en el ámbito metrológico?	SI	19	SI
		NO	1	

1.7.-	Si ha respondido <i>si</i> , ¿a qué organismos nacionales suele recurrir? (si responde otros, especificar)	AENOR	14	CEM
		CEM	18	
		SCI	6	
		AEC	5	
		Otros	5	
1.8.-	Evalúe el grado de satisfacción a sus necesidades de dichos documentos	MB	0	M
		B	4	
		M	7	
		A	7	
		MA	1	
1.9.-	En el ámbito internacional, ¿a qué tipo de documentos suele recurrir?	Normas	16	Normas
		Libros	10	
		Documentos generales	3	
		Procedimientos de calibración	4	
		Manuales de uso	9	
		Catálogos	8	
		Recursos electrónicos	8	
1.10.-	En el mismo contexto, indique cuáles son los organismos que los editan	MSA	1	ISO
		ISO	11	
		EA	5	
		IOP	1	
		NPL	3	
		BIPM	5	
		NIST	2	
		EURAMET	1	
		MITUTOYO	1	
		AFNOR	2	
		DIN	5	
		OTROS	8	

2.- Actividad normativa en el campo metrológico			Frecuencia	Opción de máximo
2.1.-	¿Suele utilizar normas metrológicas?	SI	20	SI
		NO	0	
2.2.-	Identifique los posibles defectos que suelen presentarse en las normas (si responde otros, especificar)	Información incompleta	14	Información incompleta
		Falta de rigor metrológico	1	
		Necesidad de contrastación	2	
		Información obsoleta	8	
		Inadecuada estructura de contenidos	6	
		Otros	3	
2.3.-	¿Suelen utilizar un lenguaje sencillo y adecuado en relación a los contenidos que se están desarrollando?	D	1	M
		I	1	
		M	11	
		B	7	
		E	0	
2.4.-	¿Aportan información básica acerca del objeto normalizado?	D	0	B
		I	2	
		M	5	
		B	12	
		E	1	
2.5.-	¿Establecen las normas claramente los requisitos metrológicos a cumplir?	D	0	B
		I	2	
		M	8	
		B	10	
		E	0	
2.6.-	¿Suelen utilizar las normas parámetros de evaluación convenientes?	D	1	M
		I	0	
		M	13	
		B	5	
		E	0	
2.7.-	La evaluación respecto a dichos parámetros, ¿aporta en general una adecuada visión de grado de cumplimiento con los requisitos establecidos?	D	1	M
		I	2	
		M	8	
		B	8	
		E	0	

2.8.-	¿Suelen incluir estos documentos algún tipo de recomendaciones en relación al objeto normalizado?	D	1	I
		I	7	
		M	7	
		B	4	
		E	0	
2.9.-	En cuanto a generalización de uso ¿Cómo valora el alcance de aplicación de las normas que utiliza?	D	0	B
		I	3	
		M	7	
		B	10	
		E	0	
2.10.-	Indique en términos generales su grado de satisfacción en el uso de las mismas	MB	0	M
		B	3	
		M	11	
		A	6	
		MA	0	
3.- Actividad calibración			Frecuencia	Opción de máximo
3.1.-	¿Cuál es su grado de participación en actividades de calibración?	MB	2	B
		B	7	
		M	3	
		A	4	
		MA	4	
3.2.-	¿Qué tipo de recursos documentales emplea? (si responde otros, especificar)	Manual fabricante	11	Documentos específicos sobre calibración
		Libros	6	
		Normas	12	
		Documentos específicos sobre calibración	18	
		Documentos específicos sobre uso del equipo	7	
		Otros	1	
3.3.-	¿De qué organismos proceden? (si responde otros, especificar)	CEM	16	CEM
		AENOR	11	
		AEC	3	
		SCI	6	
		Otros	8	

3.4.-	En el caso de documentos específicos de calibración, ¿cuál es su grado de utilización?	MB	1	A
		B	3	
		M	3	
		A	8	
		MA	5	
3.5.-	Al elaborar documentación interna ¿en que medida se basa en los documentos específicos de dichos organismos?	MB	0	A
		B	1	
		M	4	
		A	8	
		MA	7	
3.6.-	¿A que nivel de detalle, rigor y completitud considera que se desarrolla la descripción del método principal de calibración?	D	0	B
		I	1	
		M	2	
		B	15	
		E	2	
3.7.-	¿Cómo contempla el establecimiento de las distintas componentes de incertidumbre, justificando las aportaciones o exclusiones?	D	0	B
		I	3	
		M	7	
		B	9	
		E	1	
3.8.-	¿A qué nivel de adecuación considera que se encuentran los ejemplos de aplicación que incorpora?	D	0	M
		I	2	
		M	9	
		B	8	
		E	1	
3.9.-	Evalúe de forma general la "calidad" de los contenidos en cuanto a rigor, detalle y claridad de exposición	D	0	B
		I	2	
		M	4	
		B	13	
		E	1	
3.10.-	En resumen, evalúe de forma global el contenido de dicho documento de acuerdo a sus expectativas de uso	D	0	B
		I	2	
		M	2	
		B	15	
		E	1	

4.- Actividad uso		Frecuencia	Opción de máximo	
4.1.-	En su actividad normal, ¿cuál es su nivel de uso de equipos metrológicos?	MB	0	A
		B	1	
		M	6	
		A	9	
		MA	4	
4.2.-	¿En qué tipo de actividades?	Control producción	3	Medición
		Mantenimiento	0	
		Calibración	12	
		Medición	16	
		Verificación	11	
		Otros	5	
4.3.-	¿Cuál es el nivel de utilización de documentación relativa a dichos equipos?	MB	0	M
		B	2	
		M	9	
		A	6	
		MA	3	
4.4.-	¿Qué tipo de recursos documentales emplea? (si responde otros, especificar)	Manual fabricante	14	Normas
		Normas	16	
		Documentos externos relativos al uso del equipo	7	
		Documentación interna	12	
		Otros	2	
4.5.-	En general, ¿qué tipo de información suele necesitar con mayor frecuencia en relación a un determinado equipo? (si responde otros, especificar)	Descripción de equipo	8	Descripción de método de medición
		Descripción de método de medición	18	
		Manipulación	10	
		Mantenimiento y almacenaje	5	
		Incertidumbre de uso	14	
		Verificaciones intermedias	6	
		Formación de usuarios	3	
		Otros	0	

4.6.-	Si utiliza documentación específica sobre uso de equipos, publicada por organismos o entidades nacionales, identifique cuál/es. (si responde otros, especificar)	CEM	12	CEM
		AENOR	9	
		AEC	4	
		SCI	3	
		Otros	5	
4.7.-	Evalúe el grado en que dicha documentación contempla contenidos relativos a la descripción física y funcional del equipo y desarrollo de los métodos de medición con dicho equipo	D	0	M
		I	2	
		M	8	
		B	6	
		E	1	
4.8.-	¿Y en cuanto a información relativa a la manipulación, mantenimiento y almacenaje del mismo?	D	1	M
		I	5	
		M	9	
		B	2	
		E	0	
4.9.-	¿En qué grado se contemplan contenidos relativos al cálculo de la incertidumbre global de uso y verificaciones intermedias entre calibraciones?	D	2	I
		I	6	
		M	5	
		B	4	
		E	0	
4.10.-	En resumen, evalúe de forma global el contenido de dicho documento de acuerdo a sus expectativas de uso	D	0	M
		I	5	
		M	7	
		B	5	
		E	0	

Anexo B

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE DOCUMENTACIÓN METROLÓGICA

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE DOCUMENTACIÓN METROLÓGICA

Fecha:

**RESPONDER A CADA PREGUNTA, UTILIZANDO UNA DE LAS
OPCIONES DE RESPUESTA QUE SE EXPLICAN EN LA INTRODUCCIÓN,**

INTRODUCCIÓN

Se presenta este cuestionario con el fin de obtener una aproximación del grado de cumplimiento de distintas tipologías de documentos evaluados en cuanto a las expectativas de contenidos que los usuarios potenciales de los mismos establecen.

El cuestionario es de uso interno y la información proporcionada está sujeta a una total confidencialidad. A cada encuesta se le confiere un código aleatorio con el que se citará -si fuera necesario- desde el texto, quedando el mismo únicamente accesible a la autora de la tesis y a la dirección de la misma. No obstante, si el interesado lo solicita se le facilitará.

De igual forma, se realizará un informe a partir de los resultados obtenidos en la encuesta, lo cual será comunicado a los interesados.

En cuanto a la estructura del cuestionario, las preguntas se presentan agrupadas por secciones, en el orden que se ha considerado más adecuado a efectos de evaluación.

La forma de cumplimentar este conjunto de preguntas pretende ser sencilla, mediante el marcado de respuestas que pueden ser de uno de los tipos siguientes:

[1] SI / NO

[2] Espacio en blanco. Preguntas que se responden con textos, para detallar algunos aspectos

[3] Grado de Evaluación

D: Deficiente

I: Insuficiente

M: Medio

B: Bueno

E: Excelente

[4] Grado de satisfacción, coincidencia, aportaciones, etc..

MB: Muy Bajo

B: Bajo

M: Moderado

A: Alto

MA: Muy Alto

[5] NA: No es de Aplicación

1.- General

1.1.-	¿Cuál es su ámbito de trabajo? (si responde <i>otros</i> , especificar)	Empresa				
1.2.-	¿De forma principal, en qué departamento de su empresa, relacionado con la metrología, participa? (si responde <i>otros</i> , especificar)	Calidad				
1.3.-	¿Qué tipo de actividades relacionadas con la metrología suele desarrollar?	Formativa	<input type="checkbox"/>			
		Control producción	<input type="checkbox"/>			
		Ensayos	<input type="checkbox"/>			
		Medición	<input type="checkbox"/>			
		Calibración equipos	<input type="checkbox"/>			
		Investigación	<input type="checkbox"/>			
		Comercial	<input type="checkbox"/>			
		Otros	<input type="checkbox"/>			
1.4.-	¿Es usted usuario de documentación metrológica?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>			
1.5.-	De las siguientes tipologías indicadas, ¿cuáles son las que suele utilizar como recurso documental? Indique un máximo de 3 (si responde <i>otros</i> , especificar)	Normas	<input type="checkbox"/>			
		Libros	<input type="checkbox"/>			
		Documentos generales	<input type="checkbox"/>			
		Documentos relativos a calibración	<input type="checkbox"/>			
		Documentos relativos al uso	<input type="checkbox"/>			
		Catálogos	<input type="checkbox"/>			
		Recursos electrónicos	<input type="checkbox"/>			
		Otros	<input type="checkbox"/>			
1.6.-	Cuando es posible, ¿utiliza normalmente documentos editados por organismos españoles reconocidos en el ámbito metrológico?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>			
1.7.-	Si ha respondido <i>si</i> , ¿a qué organismos nacionales suele recurrir? (si responde <i>otros</i> , especificar)	AENOR	<input type="checkbox"/>			
		CEM	<input type="checkbox"/>			
		SCI	<input type="checkbox"/>			
		AEC	<input type="checkbox"/>			
		Otros	<input type="checkbox"/>			
1.8.-	Evalúe el grado de satisfacción a sus necesidades de dichos documentos	MB <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	MA <input type="checkbox"/>

<p>1.9.-</p>	<p>En el ámbito internacional, ¿a qué tipo de documentos suele recurrir?</p>	<table border="1"> <tr> <td>Normas</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Libros</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Documentos generales</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Procedimientos de calibración</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Manuales de uso</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Catálogos</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Recursos electrónicos</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Normas	<input type="checkbox"/>	Libros	<input type="checkbox"/>	Documentos generales	<input type="checkbox"/>	Procedimientos de calibración	<input type="checkbox"/>	Manuales de uso	<input type="checkbox"/>	Catálogos	<input type="checkbox"/>	Recursos electrónicos	<input type="checkbox"/>
Normas	<input type="checkbox"/>															
Libros	<input type="checkbox"/>															
Documentos generales	<input type="checkbox"/>															
Procedimientos de calibración	<input type="checkbox"/>															
Manuales de uso	<input type="checkbox"/>															
Catálogos	<input type="checkbox"/>															
Recursos electrónicos	<input type="checkbox"/>															
<p>1.10.-</p>	<p>En el mismo contexto, indique cuáles son los organismos que los editan</p>	<table border="1"> <tr> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> <tr> <td>Otros</td> </tr> </table>					Otros									
Otros																

2.- Actividad normativa en el campo metrológico

2.1.-	¿Suele utilizar normas metrológicas?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>															
2.2.-	Identifique los posibles defectos que suelen presentarse en las normas (si responde <i>otros</i> , especificar)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Información incompleta</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Falta de rigor metrológico</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Necesidad de contrastación</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Información obsoleta</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Inadecuada estructura de contenidos</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 20px;"></td> </tr> </table>			Información incompleta	<input type="checkbox"/>	Falta de rigor metrológico	<input type="checkbox"/>	Necesidad de contrastación	<input type="checkbox"/>	Información obsoleta	<input type="checkbox"/>	Inadecuada estructura de contenidos	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>		
Información incompleta	<input type="checkbox"/>																	
Falta de rigor metrológico	<input type="checkbox"/>																	
Necesidad de contrastación	<input type="checkbox"/>																	
Información obsoleta	<input type="checkbox"/>																	
Inadecuada estructura de contenidos	<input type="checkbox"/>																	
Otros	<input type="checkbox"/>																	
2.3.-	¿Suelen utilizar un lenguaje sencillo y adecuado en relación a los contenidos que se están desarrollando?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>												
2.4.-	¿Aportan información básica acerca del objeto normalizado?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>												
2.5.-	¿Establecen las normas claramente los requisitos metrológicos a cumplir?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>												
2.6.-	¿Suelen utilizar las normas parámetros de evaluación convenientes?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>												
2.7.-	La evaluación respecto a dichos parámetros, ¿aporta en general una adecuada visión de grado de cumplimiento con los requisitos establecidos?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>												
2.8.-	¿Suelen incluir estos documentos algún tipo de recomendación en relación al objeto normalizado?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>												
2.9.-	En cuanto a generalización de uso ¿Cómo valora el alcance de aplicación de las normas que utiliza?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>												
2.10.-	Indique en términos generales su grado de satisfacción en el uso de las mismas	MB <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	MA <input type="checkbox"/>												

3.- Actividad calibración

3.1.-	¿Cuál es su grado de participación en actividades de calibración?	MB <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	MA <input type="checkbox"/>														
3.2.-	¿Qué tipo de recursos documentales emplea? (si responde <i>otros</i> , especificar)	<table border="1"> <tr><td>Manual fabricante</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Libros</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Normas</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Documentos específicos sobre calibración</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Documentos específicos sobre uso del equipo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Otros</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table>					Manual fabricante	<input type="checkbox"/>	Libros	<input type="checkbox"/>	Normas	<input type="checkbox"/>	Documentos específicos sobre calibración	<input type="checkbox"/>	Documentos específicos sobre uso del equipo	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>		
Manual fabricante	<input type="checkbox"/>																			
Libros	<input type="checkbox"/>																			
Normas	<input type="checkbox"/>																			
Documentos específicos sobre calibración	<input type="checkbox"/>																			
Documentos específicos sobre uso del equipo	<input type="checkbox"/>																			
Otros	<input type="checkbox"/>																			
3.3.-	¿De qué organismos proceden? (si responde <i>otros</i> , especificar)	<table border="1"> <tr><td>CEM</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>AENOR</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>AEC</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>SCI</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Otros</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table>					CEM	<input type="checkbox"/>	AENOR	<input type="checkbox"/>	AEC	<input type="checkbox"/>	SCI	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>				
CEM	<input type="checkbox"/>																			
AENOR	<input type="checkbox"/>																			
AEC	<input type="checkbox"/>																			
SCI	<input type="checkbox"/>																			
Otros	<input type="checkbox"/>																			
3.4.-	En el caso de documentos específicos de calibración, ¿cuál es su grado de utilización?	MB <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	MA <input type="checkbox"/>														
3.5.-	Al elaborar documentación interna ¿en que medida se basa en los documentos específicos de dichos organismos?	MB <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	MA <input type="checkbox"/>														
3.6.-	¿A que nivel de detalle, rigor y completitud considera que se desarrolla la descripción del método principal de calibración?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>														
3.7.-	¿Cómo contempla el establecimiento de las distintas componentes de incertidumbre, justificando las aportaciones o exclusiones?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>														
3.8.-	¿A qué nivel de adecuación considera que se encuentran los ejemplos de aplicación que incorpora?	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>														
3.9.-	Evalúe de forma general la “calidad” de los contenidos en cuanto a rigor, detalle y claridad de exposición	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>														
3.10.-	En resumen, evalúe de forma global el contenido de dicho documento de acuerdo a sus expectativas de uso	D <input type="checkbox"/>	I <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>														

4.- Actividad uso

4.1.-	En su actividad normal, ¿cuál es su nivel de uso de equipos metrológicos?	MB <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	MA <input type="checkbox"/>																		
4.2.-	¿En qué tipo de actividades?	<table border="1"> <tr> <td>Control producción</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Mantenimiento</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Calibración</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Medición</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Verificación</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> </table>					Control producción	<input type="checkbox"/>	Mantenimiento	<input type="checkbox"/>	Calibración	<input type="checkbox"/>	Medición	<input type="checkbox"/>	Verificación	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>						
Control producción	<input type="checkbox"/>																							
Mantenimiento	<input type="checkbox"/>																							
Calibración	<input type="checkbox"/>																							
Medición	<input type="checkbox"/>																							
Verificación	<input type="checkbox"/>																							
Otros	<input type="checkbox"/>																							
4.3.-	¿Cuál es el nivel de utilización de documentación relativa a dichos equipos?	MB <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	M <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	MA <input type="checkbox"/>																		
4.4.-	¿Qué tipo de recursos documentales emplea? (si responde <i>otros</i> , especificar)	<table border="1"> <tr> <td>Manual fabricante</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Normas</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Documentos externos relativos al uso del equipo</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Documentación interna</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> </table>					Manual fabricante	<input type="checkbox"/>	Normas	<input type="checkbox"/>	Documentos externos relativos al uso del equipo	<input type="checkbox"/>	Documentación interna	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>								
Manual fabricante	<input type="checkbox"/>																							
Normas	<input type="checkbox"/>																							
Documentos externos relativos al uso del equipo	<input type="checkbox"/>																							
Documentación interna	<input type="checkbox"/>																							
Otros	<input type="checkbox"/>																							
4.5.-	En general, ¿qué tipo de información suele necesitar con mayor frecuencia en relación a un determinado equipo? (si responde <i>otros</i> , especificar)	<table border="1"> <tr> <td>Descripción de equipo</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Descripción de método de medición</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Manipulación</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Mantenimiento y almacenaje</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Incertidumbre de uso</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Verificaciones intermedias</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Formación de usuarios</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> </table>					Descripción de equipo	<input type="checkbox"/>	Descripción de método de medición	<input type="checkbox"/>	Manipulación	<input type="checkbox"/>	Mantenimiento y almacenaje	<input type="checkbox"/>	Incertidumbre de uso	<input type="checkbox"/>	Verificaciones intermedias	<input type="checkbox"/>	Formación de usuarios	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>		
Descripción de equipo	<input type="checkbox"/>																							
Descripción de método de medición	<input type="checkbox"/>																							
Manipulación	<input type="checkbox"/>																							
Mantenimiento y almacenaje	<input type="checkbox"/>																							
Incertidumbre de uso	<input type="checkbox"/>																							
Verificaciones intermedias	<input type="checkbox"/>																							
Formación de usuarios	<input type="checkbox"/>																							
Otros	<input type="checkbox"/>																							

<p>4.6.-</p>	<p>Si utiliza documentación específica sobre uso de equipos, publicada por organismos o entidades nacionales. Identifique cuál/es. (si responde <i>otros</i>, especificar)</p>	<table border="1"> <tr> <td>CEM</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>AENOR</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>AEC</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SCI</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> </table>					CEM	<input type="checkbox"/>	AENOR	<input type="checkbox"/>	AEC	<input type="checkbox"/>	SCI	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>		
CEM	<input type="checkbox"/>																	
AENOR	<input type="checkbox"/>																	
AEC	<input type="checkbox"/>																	
SCI	<input type="checkbox"/>																	
Otros	<input type="checkbox"/>																	
<p>4.7.-</p>	<p>Evalúe el grado en que dicha documentación contempla contenidos relativos a la descripción física y funcional del equipo y desarrollo de los métodos de medición con dicho equipo</p>	<p>D <input type="checkbox"/></p>	<p>I <input type="checkbox"/></p>	<p>M <input type="checkbox"/></p>	<p>B <input type="checkbox"/></p>	<p>E <input type="checkbox"/></p>												
<p>4.8.-</p>	<p>¿Y en cuanto a información relativa a la manipulación, mantenimiento y almacenaje del mismo?</p>	<p>D <input type="checkbox"/></p>	<p>I <input type="checkbox"/></p>	<p>M <input type="checkbox"/></p>	<p>B <input type="checkbox"/></p>	<p>E <input type="checkbox"/></p>												
<p>4.9.-</p>	<p>¿En qué grado se contemplan contenidos relativos al cálculo de la incertidumbre global de uso y verificaciones intermedias entre calibraciones?</p>	<p>D <input type="checkbox"/></p>	<p>I <input type="checkbox"/></p>	<p>M <input type="checkbox"/></p>	<p>B <input type="checkbox"/></p>	<p>E <input type="checkbox"/></p>												
<p>4.10.-</p>	<p>En resumen, evalúe de forma global el contenido de dicho documento de acuerdo a sus expectativas de uso</p>	<p>D <input type="checkbox"/></p>	<p>I <input type="checkbox"/></p>	<p>M <input type="checkbox"/></p>	<p>B <input type="checkbox"/></p>	<p>E <input type="checkbox"/></p>												

Anexo C

RESULTADOS DE LOS CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN

1.- General			Frecuencia	Opción máximo
1.1.-	¿Cuál es su ámbito de trabajo? (si responde otros, especificar)	Empresa	9	Universidad
		Universidad	14	
		Organismos	0	
		Otros	0	
1.2.-	¿De forma principal, en qué departamento de su empresa, relacionado con la metrología, participa?	Calidad	7	Docencia
		Docencia	11	
		Laboratorio	5	
		Producción	0	
		Otros	1	
1.3.-	¿Qué tipo de actividades relacionadas con la metrología suele desarrollar?	Formativa	17	Formativa
		Control producción	4	
		Ensayos	5	
		Medición	12	
		Calibración equipos	8	
		Investigación	11	
		Comercial	2	
		Otros	1	
1.4.-	¿Es usted usuario de documentación metrológica?	SI	20	SI
		NO	0	
1.5.-	De las siguientes tipologías indicadas, ¿cuáles son las que suele utilizar como recurso documental?(si responde otros, especificar)	Normas	18	Normas
		Libros	10	
		Documentos generales	6	
		Documentos relativos a calibración	17	
		Documentos relativos al uso	5	
		Catálogos	7	
		Recursos electrónicos	7	
		Otros	2	
1.6.-	Cuando es posible, ¿utiliza normalmente documentos editados por organismos españoles reconocidos en el ámbito metrológico?	SI	19	SI
		NO	1	

1.7.-	Si ha respondido <i>si</i> , ¿a qué organismos nacionales suele recurrir? (si responde otros, especificar)	AENOR	14	CEM
		CEM	18	
		SCI	6	
		AEC	5	
		Otros	5	
1.8.-	Evalúe el grado de satisfacción a sus necesidades de dichos documentos	MB	0	M
		B	4	
		M	7	
		A	7	
		MA	1	
1.9.-	En el ámbito internacional, ¿a qué tipo de documentos suele recurrir?	Normas	16	Normas
		Libros	10	
		Documentos generales	3	
		Procedimientos de calibración	4	
		Manuales de uso	9	
		Catálogos	8	
		Recursos electrónicos	8	
1.10.-	En el mismo contexto, indique cuáles son los organismos que los editan	MSA	1	ISO
		ISO	11	
		EA	5	
		IOP	1	
		NPL	3	
		BIPM	5	
		NIST	2	
		EURAMET	1	
		MITUTOYO	1	
		AFNOR	2	
		DIN	5	
		OTROS	8	

2.- Actividad normativa en el campo metrológico			Frecuencia	Opción de máximo
2.1.-	¿Suele utilizar normas metrológicas?	SI	20	SI
		NO	0	
2.2.-	Identifique los posibles defectos que suelen presentarse en las normas (si responde otros, especificar)	Información incompleta	14	Información incompleta
		Falta de rigor metrológico	1	
		Necesidad de contrastación	2	
		Información obsoleta	8	
		Inadecuada estructura de contenidos	6	
		Otros	3	
2.3.-	¿Suelen utilizar un lenguaje sencillo y adecuado en relación a los contenidos que se están desarrollando?	D	1	M
		I	1	
		M	11	
		B	7	
		E	0	
2.4.-	¿Aportan información básica acerca del objeto normalizado?	D	0	B
		I	2	
		M	5	
		B	12	
		E	1	
2.5.-	¿Establecen las normas claramente los requisitos metrológicos a cumplir?	D	0	B
		I	2	
		M	8	
		B	10	
		E	0	
2.6.-	¿Suelen utilizar las normas parámetros de evaluación convenientes?	D	1	M
		I	0	
		M	13	
		B	5	
		E	0	
2.7.-	La evaluación respecto a dichos parámetros, ¿aporta en general una adecuada visión de grado de cumplimiento con los requisitos establecidos?	D	1	M
		I	2	
		M	8	
		B	8	
		E	0	

2.8.-	¿Suelen incluir estos documentos algún tipo de recomendaciones en relación al objeto normalizado?	D	1	I
		I	7	
		M	7	
		B	4	
		E	0	
2.9.-	En cuanto a generalización de uso ¿Cómo valora el alcance de aplicación de las normas que utiliza?	D	0	B
		I	3	
		M	7	
		B	10	
		E	0	
2.10.-	Indique en términos generales su grado de satisfacción en el uso de las mismas	MB	0	M
		B	3	
		M	11	
		A	6	
		MA	0	
3.- Actividad calibración			Frecuencia	Opción de máximo
3.1.-	¿Cuál es su grado de participación en actividades de calibración?	MB	2	B
		B	7	
		M	3	
		A	4	
		MA	4	
3.2.-	¿Qué tipo de recursos documentales emplea? (si responde otros, especificar)	Manual fabricante	11	Documentos específicos sobre calibración
		Libros	6	
		Normas	12	
		Documentos específicos sobre calibración	18	
		Documentos específicos sobre uso del equipo	7	
		Otros	1	
3.3.-	¿De qué organismos proceden? (si responde otros, especificar)	CEM	16	CEM
		AENOR	11	
		AEC	3	
		SCI	6	
		Otros	8	

3.4.-	En el caso de documentos específicos de calibración, ¿cuál es su grado de utilización?	MB	1	A
		B	3	
		M	3	
		A	8	
		MA	5	
3.5.-	Al elaborar documentación interna ¿en que medida se basa en los documentos específicos de dichos organismos?	MB	0	A
		B	1	
		M	4	
		A	8	
		MA	7	
3.6.-	¿A que nivel de detalle, rigor y completitud considera que se desarrolla la descripción del método principal de calibración?	D	0	B
		I	1	
		M	2	
		B	15	
		E	2	
3.7.-	¿Cómo contempla el establecimiento de las distintas componentes de incertidumbre, justificando las aportaciones o exclusiones?	D	0	B
		I	3	
		M	7	
		B	9	
		E	1	
3.8.-	¿A qué nivel de adecuación considera que se encuentran los ejemplos de aplicación que incorpora?	D	0	M
		I	2	
		M	9	
		B	8	
		E	1	
3.9.-	Evalúe de forma general la "calidad" de los contenidos en cuanto a rigor, detalle y claridad de exposición	D	0	B
		I	2	
		M	4	
		B	13	
		E	1	
3.10.-	En resumen, evalúe de forma global el contenido de dicho documento de acuerdo a sus expectativas de uso	D	0	B
		I	2	
		M	2	
		B	15	
		E	1	

4.- Actividad uso		Frecuencia	Opción de máximo	
4.1.-	En su actividad normal, ¿cuál es su nivel de uso de equipos metrológicos?	MB	0	A
		B	1	
		M	6	
		A	9	
		MA	4	
4.2.-	¿En qué tipo de actividades?	Control producción	3	Medición
		Mantenimiento	0	
		Calibración	12	
		Medición	16	
		Verificación	11	
		Otros	5	
4.3.-	¿Cuál es el nivel de utilización de documentación relativa a dichos equipos?	MB	0	M
		B	2	
		M	9	
		A	6	
		MA	3	
4.4.-	¿Qué tipo de recursos documentales emplea? (si responde otros, especificar)	Manual fabricante	14	Normas
		Normas	16	
		Documentos externos relativos al uso del equipo	7	
		Documentación interna	12	
		Otros	2	
4.5.-	En general, ¿qué tipo de información suele necesitar con mayor frecuencia en relación a un determinado equipo? (si responde otros, especificar)	Descripción de equipo	8	Descripción de método de medición
		Descripción de método de medición	18	
		Manipulación	10	
		Mantenimiento y almacenaje	5	
		Incertidumbre de uso	14	
		Verificaciones intermedias	6	
		Formación de usuarios	3	
		Otros	0	

4.6.-	Si utiliza documentación específica sobre uso de equipos, publicada por organismos o entidades nacionales, identifique cuál/es. (si responde otros, especificar)	CEM	12	CEM
		AENOR	9	
		AEC	4	
		SCI	3	
		Otros	5	
4.7.-	Evalúe el grado en que dicha documentación contempla contenidos relativos a la descripción física y funcional del equipo y desarrollo de los métodos de medición con dicho equipo	D	0	M
		I	2	
		M	8	
		B	6	
		E	1	
4.8.-	¿Y en cuanto a información relativa a la manipulación, mantenimiento y almacenaje del mismo?	D	1	M
		I	5	
		M	9	
		B	2	
		E	0	
4.9.-	¿En qué grado se contemplan contenidos relativos al cálculo de la incertidumbre global de uso y verificaciones intermedias entre calibraciones?	D	2	I
		I	6	
		M	5	
		B	4	
		E	0	
4.10.-	En resumen, evalúe de forma global el contenido de dicho documento de acuerdo a sus expectativas de uso	D	0	M
		I	5	
		M	7	
		B	5	
		E	0	

