

METROLOGÍA – ABREVIADA

Traducción de 3ª edición
2ª edición en español



Traducción de "Metrology - in short"[®] 3ª edición, Julio 2008, 2ª edición en español.

Por:

Centro Español de Metrología (CEM)

C/ Del Alfár, 2,
Tres Cantos, 28760-Madrid. España
cem@cem.es

CENAM

km 4,5 Carretera a los Cués
Municipio El Marqués
76246 Querétaro, México
www.cenam.mx

INDECOPI

C/ De la prosa 138
San Borja- LIMA 41 PERU
www.indecopi.gob.pe

Derechos de Autor

Los derechos de autor de este folleto están en manos de EURAMET © eV 2008.

Cubierta:

Foto del Great Belt East Bridge, Dinamarca. Cada una de las 55 secciones prefabricadas del puente, de 48 metros y 500 toneladas, fueron medidas cuidadosamente, para ajustar los cuatro tirantes de los que cuelga cada sección, de forma que se garantizara la tensión correcta. Las desviaciones medidas respecto a los valores teóricos requirieron un ajuste de los tirantes de 30 mm. El ajuste de cada perno del tirante se determinó con una exactitud de ± 1 mm. Una amplia red de contratistas y subcontratistas de 10 países europeos estuvieron involucrados en la construcción del puente entre 1988 y 1997. La fiabilidad y verificación de las mediciones realizadas fue esencial en esta vasta y compleja colaboración.

Por:

Preben Howarth
DFM, Matematiktorvet Building 307
DK-2800 Lyngby, Denmark
pho@dfm.dtu.dk

Fiona Redgrave
NPL, Hampton Road, Teddington
TW11 OLW, United Kingdom
fiona.redgrave@npl.co.uk

Proyecto EURAMET 1011. Participantes: DFM (Dinamarca), NPL (Reino Unido), PTB (Alemania)

Fotografía:

Søren Madsen, copyright: Sund & Baelt

Diseño:

www.Faenodesign. Dk 4160-0708

NIPO: 706-09-002-6

Los derechos de autor de este folleto son propiedad de © Euramet eV 2008.

El permiso para la traducción se ha obtenido a través de la Secretaría de Euramet.

Para más información, por favor consulte en la pagina web de Euramet: www.euramet.org o contacte con la Secretaría: secretariat@euramet.org.

Responsabilidades

"Metrology – in short" 3ª edición fue encargada por el proyecto iMERA "La Implementación de la Metrología en el Espacio Europeo de Investigación", contrato número 16220, dentro del VI Programa Marco, financiado conjuntamente por la Comisión Europea y los institutos participantes. Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresadas en este folleto pertenecen exclusivamente a los autores y contribuyentes y no reflejan en modo alguno las políticas ni las opiniones de la Comisión Europea.

SUMARIO

La finalidad principal de "Metrología abreviada" 3ª edición, es incrementar el conocimiento de la metrología y establecer un marco metrológico común de referencia. Se pretende proporcionar a los usuarios de la metrología una herramienta transparente y manejable para obtener información metrológica.

La actual economía global depende de mediciones y ensayos fiables, que aporten confianza y sean aceptados internacionalmente. Las mediciones no deben suponer barreras técnicas al comercio; una condición previa para ello, es la existencia de una infraestructura sólida y ampliamente utilizada.

El contenido de la presente obra describe las facetas científica, industrial y legal de la metrología, los campos en que se divide y las unidades de medida empleadas. Se detalla la infraestructura metrológica internacional, incluyendo las organizaciones metrológicas regionales, tales como EURAMET. Se recoge también un listado de términos metrológicos tomados fundamentalmente de normas reconocidas internacionalmente. Se citan también instituciones, organizaciones y laboratorios, y se incluye referencias a sus páginas web.

"Metrology – in short" 3ª edición fue encargada por el proyecto iMERA "La Implementación de la Metrología en el Espacio Europeo de Investigación", contrato número 16220, dentro del VI Programa Marco, financiado conjuntamente por la Comisión Europea y los institutos participantes.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| PRÓLOGO..... | 6 |
| CONVENCIONES..... | 7 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| 1.1 LA HUMANIDAD Y LAS MEDIDAS..... | 8 |
| 1.2 DIVISIÓN DE LA METROLOGÍA..... | 10 |
| 1.3 EDICIONES NACIONALES DE METROLOGY - IN SHORT..... | 11 |
| 2. METROLOGÍA..... | 13 |
| 2.1 METROLOGÍA CIENTÍFICA E INDUSTRIAL..... | 13 |
| 2.1.1 CAMPOS TEMÁTICOS..... | 13 |
| 2.1.2 PATRONES DE MEDIDA..... | 16 |
| 2.1.3 MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS..... | 17 |
| 2.1.4 TRAZABILIDAD Y CALIBRACIÓN..... | 17 |
| 2.1.5 METROLOGÍA EN QUÍMICA..... | 18 |
| 2.1.6 PROCEDIMIENTOS DE REFERENCIA..... | 19 |
| 2.1.7 INCERTIDUMBRE..... | 21 |
| 2.1.8 ENSAYOS..... | 23 |
| 2.2 METROLOGÍA LEGAL..... | 23 |
| 2.2.1 LEGISLACIÓN SOBRE INSTRUMENTOS DE MEDIDA..... | 23 |
| 2.2.2 LEGISLACIÓN DE LA UE SOBRE INSTRUMENTOS DE MEDIDA..... | 24 |
| 2.2.3 APLICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN UE SOBRE INSTRUMENTOS DE MEDIDA..... | 25 |
| 2.2.4 MEDICIONES Y ENSAYOS EN LA LEGISLACIÓN..... | 27 |
| 3. ORGANIZACIÓN DE LA METROLOGÍA..... | 30 |
| 3.1 INFRAESTRUCTURA INTERNACIONAL..... | 30 |
| 3.1.1 LA CONVENCIÓN DEL METRO..... | 30 |
| 3.1.2 EL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MUTUO DEL CIPM..... | 31 |
| 3.1.3 INSTITUTOS NACIONALES DE METROLOGÍA..... | 34 |
| 3.1.4 INSTITUTOS DESIGNADOS..... | 34 |
| 3.1.5 LABORATORIOS ACREDITADOS..... | 35 |
| 3.1.6 ORGANIZACIONES METROLÓGICAS REGIONALES..... | 36 |
| 3.1.7 ILAC..... | 36 |
| 3.1.8 OIML..... | 37 |
| 3.1.9 IUPAP..... | 38 |
| 3.1.10 IUPAC..... | 38 |
| 3.2 INFRAESTRUCTURA EUROPEA..... | 39 |
| 3.2.1 METROLOGÍA - EURAMET..... | 39 |
| 3.2.2 ACREDITACIÓN - EA..... | 42 |
| 3.2.3 METROLOGÍA LEGAL - WELMEC..... | 43 |
| 3.2.4 EUROLAB..... | 44 |
| 3.2.5 EURACHEM..... | 44 |
| 3.2.6 COOMET..... | 44 |
| 3.3 INFRAESTRUCTURA AMERICANA..... | 44 |
| 3.3.1 METROLOGÍA - SIM..... | 44 |
| 3.3.2 ACREDITACIÓN - IAAC..... | 45 |
| 3.4 INFRAESTRUCTURA EN LA REGIÓN ASIA-PACÍFICO..... | 45 |
| 3.4.1 METROLOGÍA - APMP..... | 45 |
| 3.4.2 ACREDITACIÓN - APLAC..... | 46 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.3 METROLOGÍA LEGAL – APLMF..... | 46 |
| 3.5 INFRAESTRUCTURA AFRICANA | 47 |
| 3.5.1 METROLOGÍA -AFRIMETS..... | 47 |
| 3.5.2 METROLOGÍA - SADC MET | 48 |
| 3.5.3 ACREDITACIÓN - SADCA | 48 |
| 3.5.4 METROLOGÍA LEGAL - SADC MEL | 48 |
| 3.5.5 OTRAS ESTRUCTURAS SUBREGIONALES..... | 48 |
| 4. IMPACTO DE LA METROLOGÍA- ALGUNOS EJEMPLOS..... | 49 |
| 4.1 GAS NATURAL..... | 49 |
| 4.2 DIÁLISIS DE RIÑÓN | 51 |
| 4.3 NANOPARTÍCULAS | 52 |
| 4.4 FERTILIZANTES..... | 53 |
| 4.5 CONTADORES (MEDIDORES) DE ENERGÍA TÉRMICA | 54 |
| 4.6 SEGURIDAD ALIMENTARIA | 55 |
| 4.7 TRATAMIENTO DEL CÁNCER | 56 |
| 4.8 EMISIONES DE AVIONES..... | 57 |
| 4.9 LA DIRECTIVA IVD..... | 58 |
| 5. UNIDADES DE MEDIDA | 59 |
| 5.1 UNIDADES SI BÁSICAS | 61 |
| 5.2 UNIDADES SI DERIVADAS | 63 |
| 5.3 UNIDADES FUERA DEL SI..... | 65 |
| 5.4 PREFIJOS SI..... | 67 |
| 5.5 ESCRITURA DE LOS NOMBRES Y SÍMBOLOS DE LAS UNIDADES SI..... | 68 |
| 6. GLOSARIO | 70 |
| 7. INFORMACIÓN SOBRE METROLOGÍA –ENLACES | 82 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA | 84 |

PRÓLOGO

Es motivo de satisfacción presentar esta publicación de la 3ª edición de la "Metrología abreviada", en formato de fácil manejo. Está destinada a proporcionar a los usuarios de la metrología y al público en general una fuente de referencia sencilla, completa y comprensible sobre la materia. Va dirigida tanto a los no familiarizados con el tema y que requieren una introducción, como a aquellos que participan en los distintos niveles de la metrología y que deseen conocer más acerca del tema, o simplemente obtener una información específica. Es de esperar que "Metrología abreviada" facilite la comprensión y el trabajo con los aspectos técnicos y organizativos de la metrología. La 1ª edición del manual, publicado en 1998, tuvo un gran éxito y resultó ser ampliamente utilizada en el mundo de la metrología, al igual que la 2ª edición publicada en 2004. Esta 3ª edición cimentada sobre el éxito anterior, trata de ampliar la información y lograr una mayor audiencia.

El principal objetivo de "Metrología abreviada" es incrementar el conocimiento de la metrología y establecer un entendimiento común de la metrología, así como un marco de referencia tanto dentro de Europa como entre Europa y otras regiones del mundo. Esto es particularmente importante, por el creciente interés puesto en la equivalencia de los servicios de medición y ensayo utilizados para mejorar la calidad de vida, la protección del medio ambiente y el comercio, y en particular cuando las barreras técnicas al comercio son causadas por impedimentos metrológicos.

Puesto que la metrología evoluciona en consonancia con los avances científicos y técnicos, es lógico actualizar y mejorar la "Metrología abreviada", para recoger esta evolución. En consecuencia, el contenido de esta 3ª edición ha sido ampliado y actualizado para recoger los desarrollos del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) del CIPM y la metrología regional, incluyendo el establecimiento de la entidad jurídica EURAMET e.V. en enero de 2007 como la nueva Organización Regional Europea de Metrología. También contiene mayor información sobre las medidas en química y en biología, y se ofrecen algunos ejemplos concretos de cómo la evolución de la metrología han repercutido en el resto del mundo.

Espero que esta nueva edición sea aún más popular y ampliamente utilizada que las dos anteriores y que así contribuya al establecimiento de un marco metrológico común de referencia mundial, que promueva en definitiva el comercio entre las diferentes regiones del mundo y la mejora de la calidad de vida de sus ciudadanos.

Michael Kühne
Presidente de EURAMET
Junio de 2008

CONVENCIONES

“Medida” y “medición”

La palabra “medida” puede tener distintos significados en lengua española. Por esta razón, este término no se emplea aislado en el presente Vocabulario. Por la misma razón se ha introducido la palabra “medición” para describir la acción de medir. La palabra “medida” interviene sin embargo numerosas veces para formar términos de este Vocabulario de acuerdo con el uso corriente, sin provocar ambigüedad. Se puede citar, por ejemplo: instrumento de medida, aparato de medida, unidad de medida, método de medida. Eso no significa que la utilización de la palabra “medición” en lugar de “medida” en estos términos no sea aceptable, si se encuentra conveniente hacerlo.

Denominaciones castellanizadas de las unidades

En España, para algunas unidades de medida, procedentes de nombres propios, se permiten y utilizan sus denominaciones castellanizadas admitidas por la Real Academia Española de la Lengua (RAE), como es el caso de:

| Unidades castellanizadas admitidas por la RAE | Unidades del SI en su versión original |
|---|--|
| amperio | ampère |
| hercio | hertz |
| julio | joule |
| vatio | watt |
| culombio | coulomb |
| voltio | volt |
| faradio | farad |
| ohmio | ohm |
| henrio | henry |
| belio | bel |

En los países de Hispanoamérica es usual utilizar las unidades del SI con sus denominaciones originales.

Respeto al documento original

La versión en lengua española de esta edición de “Metrology - in Short” ha sido elaborada con estricto respeto a los conceptos contenidos en el original, incluyendo notas del traductor (NT) a pie de página cuando ha sido preciso añadir o aclarar algún concepto.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 LA HUMANIDAD Y LAS MEDIDAS

Los que olvidaban o descuidaban su deber de calibrar el patrón de longitud las noches de luna llena, se enfrentaban a la pena de muerte. Ese era el peligro que corrían el grupo de arquitectos reales, responsables de la construcción de templos y pirámides en el antiguo Egipto de los Faraones, 3000 años a.C. El primer codo real fue definido como la longitud del antebrazo del Faraón, desde el codo hasta el extremo del dedo medio, teniendo la mano extendida. La medida original fue transferida y materializada en granito negro. En los lugares de construcción, los trabajadores poseían copias en granito o madera, siendo responsabilidad de los arquitectos su mantenimiento.

Desde aquel entonces la Humanidad ha recorrido un largo camino, pero se mantiene la gran importancia de la exactitud de las mediciones. Más cerca de nuestra época, en 1799 en París, se estableció el Sistema Métrico, el antecesor de nuestro actual Sistema de Unidades, el Sistema SI, mediante el depósito de dos patrones de platino que representaban al metro y al kilogramo.

En la Europa de hoy se mide y se pesa con un coste equivalente a más del 6% de nuestro PIB, por lo que la metrología supone una parte natural y vital de nuestra actividad diaria: el café y las planchas de madera se compran por peso o por tamaño; el agua, la electricidad o el calor se miden, y ello afecta a nuestras economías domésticas. Las básculas de baño influyen sobre nuestro estado de ánimo, lo mismo que los radares de la policía con sus posibles consecuencias económicas. La cantidad de sustancias activas en medicina, el análisis de muestras de sangre o los efectos de la cirugía láser, tienen que tener la exactitud adecuada, para evitar poner en peligro la salud de los pacientes. Es prácticamente imposible describir cualquier cosa sin referirse a los pesos y medidas: Horas de sol, tallas de prendas de vestir, porcentaje de alcohol, peso de las cartas, temperatura de recintos, presión de los neumáticos, etc. Sólo como curiosidad, trate el lector de mantener una conversación sin utilizar palabras que no estén relacionadas con pesar, medir o contar.

Así pues, el comercio, el mercado y las leyes que los regulan dependen de los pesos y las medidas. El piloto observa cuidadosamente su altitud, trayectoria, consumo de combustible y velocidad, el inspector de alimentos mide el contenido en bacterias, las autoridades marítimas miden la sustentación de los buques, las empresas adquieren materiales a granel pesándolos y midiéndolos, y especifican sus productos empleando unidades comunes. La regulación de los procesos y el establecimiento de sus alarmas también se basan en mediciones.

La medición sistemática, con un nivel de incertidumbre conocido, es una de las bases del control de calidad industrial y, en general, en las industrias más modernas, el coste de las mediciones supone del 10% al 15% de los costes de producción. Las buenas mediciones pueden, sin embargo, aumentar significativamente el valor, la vigencia y la calidad del producto.

Finalmente, la ciencia es totalmente dependiente de la medición. Los geólogos miden las ondas de choque originadas por las gigantescas fuerzas que dan lugar a los terremotos, los astrónomos miden pacientemente la luz tenue observada desde las estrellas distantes, para determinar su edad, los físicos dedicados a estudiar las partículas elementales “hacen la ola” cuando, tras realizar mediciones de millonésimas de segundo, son capaces de confirmar la presencia de una pequeña partícula casi infinitesimal. La existencia de equipos de medida y la capacidad de utilizarlos es algo esencial para que los científicos puedan documentar de forma objetiva los resultados que obtienen. La ciencia de la medida, la Metrología, es probablemente la ciencia más antigua del mundo y el conocimiento sobre su aplicación es una necesidad fundamental en la práctica de todas las profesiones con sustrato científico.

La medición requiere un conocimiento común

La Metrología presenta una superficie aparentemente en calma que cubre conocimientos profundos, familiares sólo para unos pocos, pero utilizados por muchos – en la confianza de que ambos están compartiendo una percepción común de lo que se entiende por expresiones como metro, kilogramo, litro, vatio, etc. La confianza es vital en metrología, para poder conectar las actividades humanas, por encima de las fronteras geográficas y profesionales. Esta confianza se ve reforzada con el incremento del uso de las redes de cooperación, y de unidades y procedimientos de medida comunes, así como con la acreditación y los ensayos compartidos, y el reconocimiento de patrones de medida y laboratorios en los diferentes países. La Humanidad posee miles de años de experiencia que confirman que la vida se hace realmente más fácil cuando existe cooperación, lo cual es también aplicable a la metrología.

La metrología es la ciencia de la medida

La Metrología cubre tres actividades principales:

1. La *definición* de las unidades de medida internacionalmente aceptadas: p. ej., el metro.
2. La *realización* de las unidades de medida por métodos científicos; p. ej., la realización del metro mediante el empleo de láseres estabilizados
3. El establecimiento de las *cadena de trazabilidad*, determinando y documentando el valor y exactitud de las mediciones y diseminando dicho conocimiento; p. ej., la relación documentada existente entre un micrómetro de exteriores utilizado en una sala de ingeniería de precisión y el laboratorio primario en metrología óptica de longitudes.

La metrología y el desarrollo...

La Metrología es esencial en la investigación científica, la cual constituye a su vez la base del desarrollo de la propia metrología. La Ciencia se mueve continuamente hacia los extremos de lo posible y la metrología fundamental se ocupa de los aspectos metrológicos de los nuevos descubrimientos. El contar con mejores herramientas metrológicas permite a los investigadores continuar con sus descubrimientos, y sólo aquellos campos de la metrología que aporten desarrollos, pueden seguir siendo colaboradores de la industria y de la investigación.

Consecuentemente, la metrología científica, la industrial y la legal deben también desarrollarse, a fin de dar respuesta a las necesidades de la industria y la sociedad, manteniendo su relevancia y utilidad.

Existe la intención de mejorar continuamente esta publicación. La mejor forma de hacerlo es, sin ninguna duda, recoger la experiencia de todos los lectores y usuarios de la metrología. Los editores, tanto de la edición internacional como de las distintas ediciones nacionales, agradecen cualquier comentario para la mejora continua de esta publicación. Será pues apreciado el envío de correo a cualquiera de los autores.

1.2 DIVISIÓN DE LA METROLOGÍA

La Metrología suele considerarse dividida en tres categorías, cada una de ellas con diferentes niveles de complejidad y exactitud:

1. La *Metrología Científica* se ocupa de la organización y el desarrollo de los patrones de medida y de su mantenimiento (el nivel más alto).
2. La *Metrología Industrial* debe asegurar el adecuado funcionamiento de los instrumentos de medida empleados en la industria, en los procesos de producción y verificación para asegurar la calidad de vida de los ciudadanos y para la investigación académica
3. La *Metrología legal* se ocupa de aquellas mediciones que influyen sobre la transparencia de las transacciones económicas, particularmente cuando hay un requisito de verificación legal del instrumento de medida^{NT1}.

La Metrología Fundamental no tiene una definición internacional, pero supone el nivel más alto de exactitud dentro de un campo dado. La metrología fundamental puede considerarse como el nivel superior de la metrología científica.

^{NT1} La metrología legal se ocupa también de la salud, medio ambiente y seguridad pública.

1.3 EDICIONES NACIONALES DE METROLOGY - IN SHORT

La edición internacional original de “Metrology – in short” fue publicada en distintas ediciones nacionales, adaptándola para describir la metrología de cada uno de los países, pero siguiendo el mismo esquema de la publicación original. La edición internacional es la publicada en lengua inglesa.

Hasta el 2008 se han publicado las siguientes ediciones:

En albanés: Metrologjia - shkurt

Publicada en 2006, contacto: metrology@san.com.al

En checo: Metrologie v kostce

Primera edición nacional el año 2002, 2000 copias, contacto: fjelinek@cmi.cz.

Segunda edición nacional el año 2003, en versión electrónica, contacto:

fjelinek@cmi.cz.

En croata: Metrologija ukratko

Publicada en el año 2000 en versión electrónica.

En danés: Metrologi – kort og godt

Primera edición nacional el año 1998, 1000 copias, contacto: pho@dfm.dtu.dk.

Segunda edición nacional, el año 1999, 2000 copias, contacto: pho@dfm.dtu.dk.

En español: Metrología abreviada

Publicación en 2005.

Contactos: cem@cem.es,

En finés: Metrology – in short

Primera edición nacional el año 2001, 5000 copias, contacto: mikes@mikes.fi.

Segunda edición nacional el año 2002, contacto: mikes@mikes.fi.

En indonesio: Metrologi – sebuah pengantar

Publicada en 2005, contacto: probo@kim.libi.go.id

En inglés: Metrology – in short© (ediciones internacionales)

Primera edición internacional, el año 2000, 10 000 copias, contacto:

pho@dfm.dtu.dk.

Segunda edición internacional, el año 2003, 10 000 copias, contacto:

pho@dfm.dtu.dk

Tercera edición internacional, el 2008, 8000 copias y versión electrónica, contacto:

pho@dfm.dtu.dk o fiona.redgrave@npl.co.uk.

En islandés: Agrip af Maelifraedi

Publicada en 2006, contacto: postur@neytendastofa.is

En japonés: caracteres japoneses

Publicada en 2005

En libanés: ABC-guide Metrology (en lengua inglesa y árabe)

Publicada en 2007, 1500 copias

En lituano: Metrologija trumpai

Primera edición nacional el año 2000, 100 copias, contacto:

rimvydas.zilinskas@ktu.lt.

Segunda edición nacional 2004, 2000 copias, contacto: yz@lvmt.lt.

Región MEDA: Metrology – in Short, versión MEDA

Publicado en 2007, 1200 copias

Región MEDA: Métrologie – en bref, edición MEDA

Publicado en 2007, 1200 copias

En portugués: Metrologia – em sintese

Publicada en 2001, 2500 copias, contacto: ipq@mail.ipq.pt.

En turco: Kisaca Metroloji – ikinci baski

Publicado en 2006

2. METROLOGÍA

2.1 METROLOGÍA CIENTÍFICA E INDUSTRIAL

La metrología científica y la industrial son dos de las tres categorías de la metrología, descritas en el capítulo 1.2.

Las actividades metrológicas de calibración, medición y ensayo son fundamentales para garantizar la calidad de muchas actividades y procesos industriales así como de la calidad de vida. Ello supone la necesidad de contar con *trazabilidad*, lo que llega a ser tan importante como la propia medición. El *Reconocimiento* de la *competencia* metrológica en cada nivel de la cadena de *trazabilidad* puede establecerse mediante acuerdos o conciertos de reconocimiento mutuo, como por ejemplo el del CIPM y el de ILAC, así como mediante acreditación y revisión por pares (*peer review*).

2.1.1 CAMPOS TEMÁTICOS

La Metrología Científica está dividida en 9 campos técnicos por el BIPM: Acústica, Cantidad de Sustancia, Electricidad y Magnetismo, Fotometría y Radiometría, Longitud, Masa, Radiaciones Ionizantes y Radioactividad, Termometría y Tiempo y Frecuencia.

En EURAMET hay tres campos temáticos adicionales: Flujo, Metrología Interdisciplinar y Calidad.

No existe una definición internacional de los subcampos.

Tabla 1: Campos temáticos, subcampos y patrones de medida importantes. Solo se incluyen los campos técnicos.

| CAMPO TEMÁTICO | SUBCAMPO | PATRONES DE MEDIDA IMPORTANTES |
|---------------------------------------|---|---|
| MASA y Magnitudes relacionadas | Medición de masas | Masas patrón, balanzas patrón, comparadores de masas |
| | Fuerza y Presión | Células (celdas) de carga, máquinas de fuerza de carga directa, transductores de fuerza, transductores de par y momento, balanzas de presión con conjuntos pistón cilindro para gas/aceite, máquinas de ensayo de fuerza, manómetros capacitivos, medidores de ionización |
| | Volumen y Densidad Viscosidad | Hidrómetros de vidrio, material de laboratorio de vidrio, densímetros por vibración, viscosímetros capilares de vidrio, viscosímetros de rotación. |
| ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO | Electricidad en Corriente Continua CC | Comparadores criogénicos de corriente, efectos Josephson y Hall cuántico, diodos Zener de referencia, métodos potenciométricos, puentes comparadores |
| | Electricidad en Corriente Alterna CA | Convertidores Alterna-Continua, condensadores patrón, condensadores en aire, inductancias patrón, compensadores, vatímetros |
| | Electricidad en Alta Frecuencia AF | Convertidores térmicos, calorímetros, bolómetros |
| | Alta Intensidad de Corriente y Alta Tensión | Transformadores de medida de intensidad y tensión, fuentes de alta tensión de referencia |
| LONGITUD | Longitudes de onda e Interferometría | Láseres estabilizados, interferómetros, sistemas de medida interferométricos láser, comparadores interferométricos |
| | Metrología Dimensional | Bloques patrón, patrones a trazos, columnas de bloques escalonados, patrones de diámetro interior y exterior, columnas verticales, comparadores de cuadrante, microscopios de medida, vidrios de planitud, máquinas de medición por coordenadas, micrómetros láser, micrómetros de profundidad, herramientas de medida de longitud geodésica. |
| | Mediciones Angulares | Autocolimadores, mesas giratorias, patrones angulares, polígonos ópticos, niveles |
| | Formas | Rectitud, planitud, paralelismo, perpendicularidad, patrones de redondez, cilindros de perpendicularidad |
| | Calidad Superficial | Patrones de escalón y de ranuras, patrones de rugosidad, equipos de medición de rugosidad |

| CAMPO TEMÁTICO | SUBCAMPO | PATRONES DE MEDIDA IMPORTANTES |
|--|--------------------------------------|--|
| TIEMPO Y FRECUENCIA | Medida del tiempo | Reloj atómico de Cesio, equipos para medir intervalos de tiempo |
| | Frecuencia | Relojes y fuentes atómicas, osciladores de cuarzo, láseres, contadores y sintetizadores electrónicos, peines ópticos |
| TERMOMETRÍA | Medición de temperatura por contacto | Termómetros de gas, puntos fijos de la Escala Internacional de temperatura de 1990 (EIT 90), termómetros de resistencia, termopares |
| | Medición de temperatura sin contacto | Cuerpos negros de alta temperatura, radiómetros criogénicos, pirómetros, fotodiodos de Silicio |
| | Humedad | Medidores de punto de rocío o higrómetros electrónicos, generadores de humedad de doble presión/temperatura |
| RADIACIONES IONIZANTES y RADIATIVIDAD | Dosis absorbida – Productos Médicos | Calorímetros, cámaras de ionización |
| | Protección contra la Radiación | Cámaras de ionización, campos/haces radiactivos de referencia, contadores de tipo proporcional y otros, TEPC, espectrómetros neutrónicos de Bonner |
| | Radiactividad | Cámaras de ionización de tipo pozo, fuentes radiactivas certificadas, espectroscopía gamma y alpha, detectores Gamma 4 |
| FOTOMETRÍA y RADIOMETRÍA | Radiometría Óptica | Radiómetros criogénicos, detectores ópticos, fuentes láser estabilizadas de referencia, materiales de referencia |
| | Fotometría | Detectores en la región visible, fotodiodos de Si, detectores de eficiencia cuántica |
| | Colorimetría | Espectrofotómetros |
| | Fibra óptica | Materiales de referencia |

| CAMPO TEMÁTICO | SUBCAMPO | PATRONES DE MEDIDA IMPORTANTES |
|---|---|--|
| FLUJO | Caudal de gas (volumen) | Gasómetros de campana, contadores rotativos de gas, contadores de turbina, contadores de transferencia con toberas críticas |
| | Caudal de líquidos (volumen, masa y energía) | Patrones volumétricos, patrones de efecto Coriolis, medidores de nivel, medidores inductivos de flujo, medidores ultrasónicos de flujo |
| | Anemometría | Anemómetros |
| ACÚSTICA, ULTRASONIDO y VIBRACIÓN | Medidas acústicas en gases | Micrófonos patrón, micrófonos de pistón, micrófonos de condensador, calibradores acústicos |
| | Acelerometría | Acelerómetros, transductores de fuerza, vibradores, interferómetros láser |
| | Medidas acústicas en líquidos | Hidrófonos |
| | Ultrasonidos | Medidores de potencia ultrasónica, balanza de fuerza de radiación |
| QUÍMICA | Química Ambiental Química Clínica | Materiales de Referencia Certificados, espectrómetros de masas, cromatógrafos, patrones gravimétricos |
| | Química de Materiales | Materiales puros, materiales de referencia certificados |
| | Química de los Alimentos Bioquímica Microbiología | Materiales de Referencia Certificados |
| | Medida de pH | Materiales de Referencia Certificados, electrodos patrón |

2.1.2 PATRONES DE MEDIDA

Un patrón de medida es una medida materializada, un instrumento de medida, un material de referencia o un sistema de medida concebido para definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud, de modo que sirva de referencia.

Ejemplo: El metro se *define* como la longitud del trayecto recorrido por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299\,792\,458$ s. El metro se *realiza* a nivel primario mediante la longitud de onda de un láser estabilizado de helio-neón. En niveles inferiores se utilizan patrones materializados, como los bloques patrón, asegurándose la trazabilidad mediante el empleo de interferometría óptica para determinar la longitud de los bloques patrón con *referencia* a la longitud de onda de la luz láser mencionada anteriormente.

La Figura 1 muestra los diferentes niveles en que se sitúan los patrones de medida, en la cadena de trazabilidad. Los campos y subcampos metroológicos, y los patrones e instrumentos de medida más destacables se muestran en la Tabla 1 incluida en el capítulo 2.1.1. No existe un listado internacional que comprenda todos los patrones de medida.

Las definiciones de los diferentes tipos de patrones se incluyen en el Glosario, en el capítulo 6.

2.1.3 MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS

Un Material de Referencia Certificado (MRC) es un material de referencia donde una o más de sus propiedades están certificadas por un procedimiento que establece su trazabilidad a una realización de la unidad en la que se expresan los valores de la propiedad. Cada valor certificado viene acompañado de su incertidumbre para un nivel declarado de confianza. El término material de referencia patrón, en inglés SRM, también se utiliza en algunas partes del mundo como sinónimo de MRC.

Los MRC generalmente se preparan en lotes. Los valores de la propiedad se determinan dentro de los límites de las incertidumbres declaradas por medio de medidas, sobre muestras representativas del lote completo.

2.1.4 TRAZABILIDAD Y CALIBRACIÓN

Trazabilidad al SI

Una cadena de trazabilidad (ver figura 1) es una cadena ininterrumpida de comparaciones, todas ellas con incertidumbres establecidas. Esto asegura que un resultado de medida o el valor de un patrón está relacionado con referencias de niveles superiores, hasta llegar al patrón primario.

En Química y Biología la trazabilidad a menudo se establece mediante el uso de MRC y procedimientos de referencia (ver capítulos 2.1.3 y 2.1.6).

Un usuario final puede obtener trazabilidad al máximo nivel internacional, bien directamente de un Instituto Nacional de Metrología, o de un laboratorio secundario de calibración, normalmente un laboratorio acreditado. Como resultado de los diversos acuerdos de reconocimiento mutuo, puede obtenerse reconocimiento internacional de la trazabilidad de laboratorios de fuera del propio país del usuario.

Calibración

Una herramienta fundamental para asegurar la trazabilidad de una medida es la calibración del instrumento o sistema de medida o del material de referencia. La calibración determina las características metroológicas de un instrumento, sistema o

material de referencia. Esto se logra mediante comparación directa con patrones de medida o materiales de referencia certificados. Se emite un certificado de calibración y, en la mayoría de los casos, se adhiere una etiqueta al instrumento calibrado.

Hay cuatro razones principales para tener calibrado un instrumento:

1. Para establecer y demostrar su trazabilidad.
2. Para garantizar que las lecturas del instrumento son compatibles con otras mediciones.
3. Para determinar la exactitud de las lecturas del instrumento.
4. Para establecer la fiabilidad del instrumento, es decir que se puede confiar en sus indicaciones.

2.1.5 METROLOGÍA EN QUÍMICA

La Metrología se ha desarrollado a partir de las mediciones físicas y hace hincapié en la trazabilidad de los resultados a patrones de referencia definidos, normalmente al Sistema Internacional de Unidades (SI), con análisis completos de las contribuciones a la incertidumbre basados en la GUM [6]. La situación respecto a las mediciones químicas es más compleja ya que éstas, a menudo no se llevan a cabo bajo condiciones definidas y controladas, véase la Tabla 2.

Tabla 2: Comparación entre la metrología en física y en química

| Metrología en Física y Química | | |
|--------------------------------|---|---|
| | Física | Química |
| Medición | Comparando una magnitud: Ej. temperatura | Comparando una magnitud: Ej. Dieldrifenil Tricloroetano (DDT) en leche |
| Unidades | m, s, K | mol/kg, mg/kg |
| Influenciada por.. | A menudo se basa en mediciones directas | Varios factores afectan a la calidad de los resultados de medida |
| Principal impacto | Calibración de equipos | Tratamiento químico (por ejemplo: extracción, digestión); materiales de referencia utilizados; ... y calibración de equipos |
| Depende de .. | En gran medida es independiente de la muestra | Es fuertemente dependiente de la muestra |
| Ejemplo | Longitud de una mesa | Concentración de Pb en: agua de mar, suelos, sangre, etc |

A menudo, el principal objetivo de las mediciones químicas es determinar la cantidad de componentes de interés, no la composición total de la muestra, la cual, por lo tanto, casi siempre permanecerá desconocida. De aquí que, el medio (matriz) en donde se realizan las mediciones no puede ser definido y controlado.

Muchas mediciones químicas son trazables a patrones o a métodos de referencia. En otros casos, las mediciones pueden ser consideradas trazables a un material de referencia (certificado), ya sea en forma de una sustancia pura o de una matriz de material de referencia, donde la concentración del analito ha sido certificada. El grado en el que los materiales de referencia proporcionan una referencia universal (y, específicamente trazable al SI) depende de la calidad de la ligazón a los valores obtenidos mediante mediciones de referencia o a valores proporcionados por patrones de referencia.

pH

El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa, determinado por el número de iones de hidrógeno existentes, es decir, por la actividad (concentración efectiva) de iones de hidrógeno. El pH es un concepto importante, ya que muchos procesos químicos y la mayoría de los procesos biológicos dependen críticamente del grado de acidez en el lugar de la reacción. Los procesos biológicos tienen lugar en entornos que abarcan por lo menos doce órdenes de magnitud de la actividad de iones de hidrógeno, pero cada proceso es normalmente dependiente de un entorno con sólo unos pocos grados de actividad de iones de hidrógeno.

2.1.6 PROCEDIMIENTOS DE REFERENCIA

Los procedimientos o métodos de referencia pueden *definirse* como procedimientos de ensayo, medida o análisis, cuidadosamente caracterizados y ejecutados bajo control, destinados a:

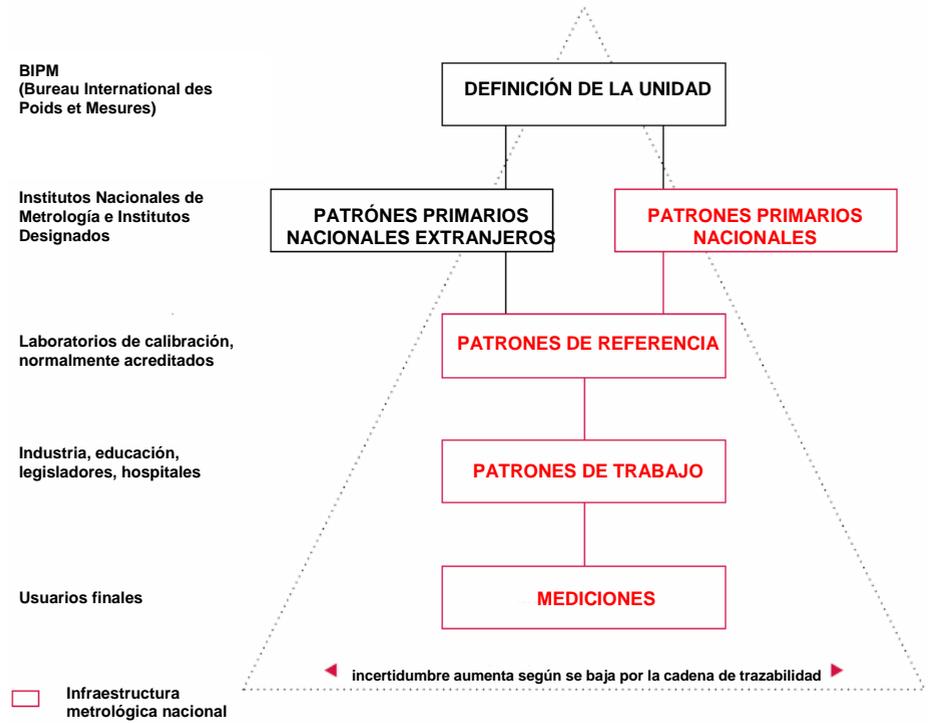
- el aseguramiento de la calidad de otros procedimientos para tareas comparables, o
- la caracterización de materiales de referencia incluidos objetos de referencia, o
- la determinación de valores de referencia.

La incertidumbre de los resultados de un procedimiento de referencia debe estimarse adecuadamente y ser apropiada para el uso previsto.

De acuerdo con esta definición los procedimientos de referencia se pueden utilizar para:

- validar otros procedimientos de medida o ensayo, utilizados para tareas similares, y para determinar su incertidumbre,
- determinar valores de referencia de propiedades de materiales, que pueden incluirse en manuales o en bases de datos, o que puedan caracterizar a un material u objeto de referencia.

Figura 1: La Cadena de trazabilidad



2.1.7 INCERTIDUMBRE

La Incertidumbre es una medida cuantitativa de la calidad del resultado de medición, que permite que los resultados de medida sean comparados con otros resultados, referencias, especificaciones o normas.

Todas las mediciones están sujetas a error, por lo que el resultado de una medición difiere del valor verdadero del mensurando. Con tiempo y recursos, la mayoría de las fuentes de error en la medida pueden identificarse, y los errores de medición cuantificarse y corregirse, por ejemplo, mediante calibración. Sin embargo, nunca hay tiempo ni recursos suficientes para determinar y corregir completamente estos errores de medida.

La incertidumbre de medida puede determinarse de diferentes formas. El método más ampliamente utilizado y aceptado; por ejemplo, por los organismos de acreditación, es el “*método GUM*” recomendado por ISO, descrito en la “Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida” [6]. Los puntos principales del método *GUM* y la filosofía subyacente se describen a continuación.

Ejemplo

Un resultado de medida viene expresado en un certificado en la forma

$$Y = y \pm U$$

donde la incertidumbre U viene dada con no más de **dos** cifras significativas y el valor de “ y ”, está consecuentemente redondeado al mismo número de dígitos, en este ejemplo, siete

Una resistencia se mide con un medidor de resistencias obteniéndose una lectura de 1,000 052 7 Ω . El medidor, de acuerdo con las especificaciones del fabricante tiene una incertidumbre de 0,081 m Ω , por lo que el resultado declarado en el certificado es

$$R = (1,000\ 053 \pm 0,000\ \underline{081})\ \Omega$$

$$\text{Factor de cobertura } k = 2$$

La incertidumbre indicada en el resultado de medida es habitualmente una *incertidumbre expandida*, obtenida multiplicando la incertidumbre típica combinada por un *factor de cobertura* numérico, a menudo $k = 2$, que corresponde a un intervalo con un *nivel de confianza* aproximado del 95 %.

Filosofía GUM sobre la incertidumbre

- 1) Una **magnitud de medida** X , cuyo valor no se conoce con exactitud, se considera como una variable estocástica con una función de probabilidad.
- 2) El **resultado** x de la medición es una estimación del valor esperado o esperanza matemática $E(X)$.
- 3) La **incertidumbre típica** $u(x)$ es la raíz cuadrada de la estimación de la varianza $V(X)$.
- 4) **Evaluación Tipo A**
La esperanza matemática y la varianza se estiman mediante tratamiento estadístico de las medidas repetidas.
- 5) **Evaluación Tipo B**
La esperanza matemática y la varianza se estiman por otros métodos. El método más comúnmente utilizado es asumir una distribución de probabilidad; por ejemplo una distribución rectangular, basándose en la experiencia o en otra información.

El método GUM

(basado en la *filosofía GUM*)

1) Identificar todas las componentes importantes de la incertidumbre de medida:

Hay muchas fuentes que pueden contribuir a la incertidumbre de medida. Aplicar un modelo del proceso real de medición para identificar las fuentes. En el modelo matemático utilizar *magnitudes de medida*.

2) Calcular la incertidumbre típica (o estándar) de cada componente de la incertidumbre de medida:

Cada componente de la incertidumbre de medida se *expresa* en términos de la *incertidumbre típica* determinada a partir de una *evaluación tipo A* o *tipo B*.

3) Calcular la incertidumbre combinada:

El principio:

La incertidumbre combinada se calcula combinando las componentes individuales de incertidumbre, de acuerdo con la ley de propagación de la incertidumbre.

En la práctica:

- Para una suma o diferencia de componentes, la incertidumbre combinada se calcula como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las incertidumbres típicas de las componentes.
- Para un producto o cociente de componentes se aplica, la misma regla de la "suma/diferencia" a las incertidumbres típicas relativas de las componentes.

4) Calcular la incertidumbre expandida:

Multiplicar la incertidumbre combinada por el factor de cobertura k .

5) Expresar el resultado de medida en la forma:

$$Y = y \pm U$$

2.1.8 ENSAYOS

Los ensayos consisten en determinar las características de un producto, proceso o servicio, de acuerdo con ciertos procedimientos, metodologías o requisitos.

El objetivo o finalidad de los ensayos puede ser comprobar si un producto cumple las especificaciones (evaluación de la conformidad), tales como requisitos de seguridad o características relevantes para el comercio. Existe una gran variedad de ensayos que cubren muchos campos, se realizan a distintos niveles y con distintos requisitos de exactitud. Los ensayos son realizados por laboratorios que pueden ser primera, segunda o tercera parte. Los laboratorios de primera parte son los laboratorios de los fabricantes, los de segunda parte son los laboratorios del cliente, mientras que los laboratorios de tercera parte son independientes tanto del fabricante como del cliente

La Metrología proporciona las bases para la comparabilidad de los resultados de ensayo, por ejemplo a través de la definición de las unidades de medida o proporcionando la trazabilidad, y la incertidumbre asociada a los resultados de las mediciones.

2.2 METROLOGÍA LEGAL

La Metrología legal es la tercera categoría de la metrología (véase capítulo 1.2). La metrología legal tiene su origen en la necesidad de garantizar el comercio leal, especialmente en el área de las pesas y las medidas. La metrología legal se ocupa principalmente de los instrumentos de medida que están controlados legalmente, y su principal objetivo es garantizar a los ciudadanos que los resultados de medida sean correctos, cuando éstos se utilizan en las transacciones oficiales y comerciales.

La OIML es la *Organización Internacional de Metrología Legal* (véase capítulo 3.1.8).

Existen muchas otras áreas de legislación, aparte de la metrología legal, donde también son necesarias las mediciones para evaluar la conformidad con reglamentaciones o regulaciones; por ej., en los campos de la aviación, la asistencia sanitaria, los productos de construcción, el medio ambiente y el control de la contaminación.

2.2.1 LEGISLACIÓN SOBRE INSTRUMENTOS DE MEDIDA

En el campo de aplicación de la metrología legal, los usuarios de los resultados de medida no tienen por qué ser expertos en metrología. El Estado es quien asume la responsabilidad sobre la fiabilidad de tales mediciones. Los instrumentos legalmente controlados deben garantizar resultados de medida correctos:

- en las condiciones de uso
- durante todo el periodo de utilización
- dentro de los errores permitidos.

Por tanto, la legislación nacional o regional establece los requisitos de metrología legal para los instrumentos de medida, así como los métodos de medición y ensayo, incluidos los productos preensados.

2.2.2 LEGISLACIÓN DE LA UE SOBRE INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Instrumentos de medida controlados por la UE

En Europa, la armonización de los instrumentos de medida sometidos a control legal se basa actualmente en la Directiva 71/316/EEC, la cual establece requisitos horizontales para todas las categorías de instrumentos de medida, y en otras directivas que cubren categorías individuales de instrumentos y que vienen publicándose desde 1971. Los Estados miembros sujetos a estas directivas no estaban obligados a derogar legislaciones nacionales existentes. Los instrumentos de medida, que tengan una *aprobación de modelo CEE* (no todos los instrumentos) y una *verificación primitiva CEE*, se pueden poner en el mercado y ser utilizados en todos los Estados miembros, sin más ensayos o aprobaciones de modelo.

Por razones históricas el ámbito de la metrología legal no es el mismo en todos los países. Con la entrada en vigor de la Directiva (NAWI) sobre Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no automático, el 1 de enero de 1993 y la Directiva (MID) sobre Instrumentos de Medida, el 30 de octubre de 2006, muchas de las directivas existentes relacionadas con los instrumentos de medida han sido derogadas.

Directiva UE sobre instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (NAWI)

La Directiva NAWI 90/384/CEE (modificada por la Directiva 93/68/CEE)^{NT2} elimina los obstáculos técnicos al comercio, creando así un mercado único y regulando el uso de instrumentos desde el nivel de las balanzas de establecimientos comerciales a las básculas-puente industriales para propósitos comerciales, legales y médicos.

Directiva de la UE sobre Instrumentos de Medida (MID)

La Directiva 2004/22/CE sobre Instrumentos de Medida sigue el proceso de eliminación de barreras técnicas al comercio, regulando la comercialización y el uso de los siguientes instrumentos de medida:

| | |
|--------|--------------------------------|
| MI-001 | Contadores (medidores) de agua |
| MI-002 | Contadores (medidores) de gas |

NT2 Modificada por la Directiva 2009/23/CE de 23 de abril de 2009, por la que se codifica la Directiva 90/384/CEE

| | |
|--------|---|
| MI-003 | Contadores (medidores) de energía eléctrica |
| MI-004 | contadores (medidores) de energía térmica |
| MI-005 | sistemas de medida para líquidos distintos del agua |
| MI-006 | instrumentos de pesaje automático |
| MI-007 | taxímetros |
| MI-008 | medidas materializadas |
| MI-009 | sistemas de medición dimensional |
| MI-010 | analizadores de gases de escape |

Los Estados miembros tienen la opción de decidir cuáles de estos tipos de instrumentos desean regular^{NT3}. Las regulaciones nacionales vigentes, con sujeción a las disposiciones transitorias, dejarán de aplicarse a los nuevos instrumentos.

Los Instrumentos electrónicos no estaban incluidos en las directivas existentes, y ahora están cubiertos por las Directivas NAWI y MID.

2.2.3 APLICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN UE SOBRE INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Control metroológico legal

Antes de la comercialización de los instrumentos se toman *medidas preventivas* es decir, muchos de los instrumentos han de ser sometidos a la aprobación (examen) de modelo y todos tienen que ser verificados. La concesión de la *aprobación de modelo* a los fabricantes es realizada por un organismo competente autorizado por un estado miembro, una vez se comprueba que el modelo (tipo) del instrumento cumple los requisitos legales aplicables. En el caso de los instrumentos fabricados en serie, la *verificación* asegura que cada instrumento es conforme con el prototipo presentado al examen de modelo y descrito en el anexo de su certificado de aprobación de tipo (modelo) y cumple los requisitos establecidos en el procedimiento de aprobación.

La *vigilancia del mercado* es una medida de tipo inspección para determinar si los instrumentos puestos en el mercado cumplen los requisitos legales. Para los instrumentos en uso, las inspecciones o las verificaciones periódicas se llevan a cabo para asegurar que los instrumentos de medida siguen cumpliendo con los requisitos legales. Los patrones utilizados para tales inspecciones y ensayos deberán ser trazables a patrones nacionales o internacionales. El control legal vinculante de los instrumentos de medida incluidos en las Directivas, se deja a decisión de cada Estado miembro. No se han armonizado los periodos de validez de las verificaciones, verificaciones periódicas e inspecciones y, en consecuencia, serán establecidas por los Estados miembros según sus propias legislaciones

^{NT3} Una tabla sobre los instrumentos de la MID sometidos a control metroológico en cada país puede consultarse en www.welmeq.org

^{NT4} Deberán informar a la Comisión Europea y a los Estados miembros según establece la Directiva 98/34 modificada por la Directiva 2006/96/CE

nacionales. Los Estados miembros podrán establecer requisitos legales para los instrumentos de medida que no estén contenidos en las Directivas NAWI o MID.^{NT4}

Los módulos correspondientes a las diversas fases de *evaluación de la conformidad* que se encuentran en las directivas NAWI y MID corresponden a los de la Decisión 93/465/CEE del Consejo, aplicables a todas las directivas de armonización técnica.^{NT5}

Responsabilidades de aplicación

Las Directivas definen:

- La *responsabilidad del fabricante*: El producto debe cumplir los requisitos establecidos en las directivas.
- La *responsabilidad de la Administración*: Los productos no conformes no pueden ser comercializados ni puestos en servicio.

La responsabilidad del fabricante

Con la Directiva NAWI y la MID, el fabricante es el responsable de la colocación del marcado CE y el marcado adicional de metrología en el producto junto con el número de Organismo Notificado, garantizando la validez del proceso de evaluación de la conformidad. La colocación del marcado es una declaración de que el producto es conforme con los requisitos de las directivas. Ambas directivas NAWI y MID son obligatorias.

Los fabricantes envasadores e importadores de los productos preenvasados deben asegurarse de que sus preenvasados contienen lo que se ha envasado a fin de garantizar el cumplimiento con las tres reglas de envasadores.^{NT6} Para ello, los fabricantes envasadores son libres de usar cualquier tipo de control de calidad y procedimiento de control que así lo deseen, siempre que sean lo suficientemente rigurosos para garantizar el cumplimiento de las normas. La conformidad con las tres normas puede, cuando sea necesario, determinarse mediante los ensayos pertinentes, incluido el ensayo de referencia que se llevará a cabo por los inspectores de las autoridades locales de comercio. La Directiva de Preenvasados es una directiva no obligatoria.

La responsabilidad de la Administración

La Administración está obligada a impedir que aquellos instrumentos de medida sujetos al control metrológico legal, que no cumplan con las disposiciones

^{NT5} La Decisión 93/465/CEE del Consejo queda derogada por la Decisión 768/2008/CE sobre un marco común para la comercialización de productos. Las disposiciones en materia de marcado CE se establecen en el Reglamento 765/2008.

^{NT6}

- 1.- La cantidad media de producto en todos los preenvasados de un lote no será inferior a la cantidad indicada,
- 2.- el número de preenvasados "defectuosos" no excederá del número estipulado (aproximadamente no superior al 2,5% del lote), y
- 3.- ningún preenvasado tendrá una cantidad inferior al límite inferior.

aplicables de las directivas, sean comercializados o puestos en servicio. Por ejemplo, en determinadas circunstancias, el Estado deberá garantizar que un instrumento de medida con marcado incorrecto, sea retirado del mercado (cláusula de salvaguardia).

La Administración garantizará asimismo, que los productos preenvasados marcados con una “e” o una épsilon invertida “ᵽ”, sean conformes con los requisitos de las directivas de aplicación.

La Administración cumple sus obligaciones con la Directiva a través de la vigilancia de mercado. Para llevar a cabo esta vigilancia de mercado, la Administración utiliza a las autoridades locales de pesas y medidas, inspectores y a otras personas para:^{NT7}

- analizar el mercado,
- tomar nota de cualquier producto no conforme,
- informar al propietario o fabricante del producto acerca de la no conformidad de éste,
- informar a la Administración competente acerca de los productos no conformes.

2.2.4 MEDICIONES Y ENSAYOS EN LA LEGISLACIÓN

La economía mundial y la calidad de nuestra vida diaria dependen de mediciones y ensayos fiables, que gocen de confianza, sean aceptados internacionalmente y no supongan una barrera al comercio. Además de aquellas regulaciones que requieren de instrumentos verificados legalmente, muchas otras áreas reguladas requieren de mediciones y ensayos para evaluar la conformidad con reglamentaciones o documentos normativos obligatorios; es el caso, por ejemplo, de las normas de aviación, de los ensayos de seguridad de los automóviles, de sanidad, del control del medio ambiente y de la contaminación ambiental o de la seguridad de los juguetes de los niños. La calidad de los datos, mediciones y ensayos es parte importante de muchas regulaciones.

Guía reguladora de las buenas prácticas de medida

La medición puede ser necesaria en cualquiera de las fases de un proceso reglamentario. Las buenas regulaciones requieren una aproximación adecuada a las mediciones y los ensayos para

- establecer los fundamentos de la legislación
- redactar la regulación o reglamento y establecer los límites técnicos
- realizar la vigilancia de mercado

Con la colaboración de los INM europeos, se ha desarrollado una guía, de ayuda para aquellos que deban considerar la medición en los procesos legislativos. A continuación se presenta la información de dicha guía, en forma resumida.

^{NT7} El Reglamento 765/2008 establece el marco comunitario de vigilancia de mercado y su coordinación.

Razones para legislar

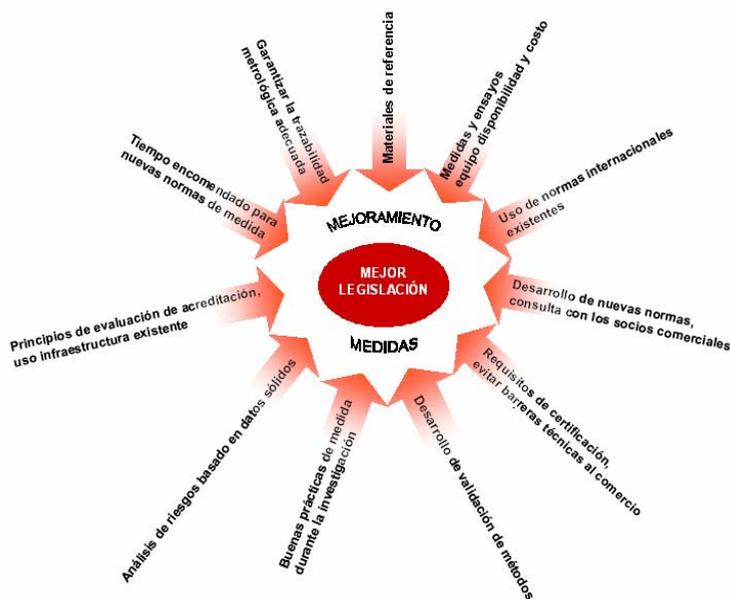
- Identificación de los actores
- Recopilación y análisis de datos existentes
- Puesta en Marcha de I+D para apoyo de la motivación

Desarrollo de la legislación

- Evaluación de la situación actual
- Fijación de límites técnicos consistentes
- Puesta en marcha de la I +D para establecer soluciones
- Establecer el nivel de detalle que se determine

Control del mercado

- Rentabilidad de las mediciones y ensayos
- Sistemas de retroalimentación
- Adaptación a las nuevas tecnologías



Existen al menos 9 cuestiones importantes sobre medición a las que puede caber enfrentarse en cualquiera de las fases:

1. ¿Qué parámetros deben medirse?
2. Como utilizar de la mejor manera la infraestructura metrológica existente.
3. Asegurar la trazabilidad de medición apropiada – al Sistema SI cuando sea posible – a través de una cadena ininterrumpida y auditable de comparaciones.
4. ¿Existen métodos y procedimientos apropiados para todos los ensayos y calibraciones?
5. ¿Pueden establecerse los límites técnicos a partir de un análisis de riesgos basado en datos fiables? – ¿los datos existentes confirman la justificación de la reglamentación? ¿se requieren datos nuevos o adicionales?
6. Como hacer el mejor uso de las normas internacionales existentes – si es necesario, complementadas con requisitos adicionales
7. ¿Cuál es la incertidumbre de medición más probable? – ¿es compatible con los límites técnicos? ¿cuál es el impacto sobre la evaluación de la conformidad?
8. Muestreo de datos – ¿será aleatorio o selectivo? ¿existe una base científica para la frecuencia de muestreo? ¿cuál es el impacto de la periodicidad o de las variaciones estacionales o geográficas?
9. ¿Se dispone de la tecnología de medición adecuada para los parámetros significativos?

3. ORGANIZACIÓN DE LA METROLOGÍA

3.1 INFRAESTRUCTURA INTERNACIONAL

3.1.1 LA CONVENCION DEL METRO

A mediados del siglo XIX se vio clara la necesidad de contar con un sistema métrico decimal universal, en particular durante las primeras exposiciones industriales universales. En 1875, tuvo lugar en París una conferencia diplomática sobre el metro, en la que 17 gobiernos, entre ellos 4 de lengua hispana, el español, el argentino, el peruano y el venezolano, firmaron el tratado diplomático conocido como "La Convención del Metro". Los firmantes decidieron crear y financiar una Institución Científica de carácter permanente, el "Bureau International de Poids et Mesures" (**BIPM**). En 1921, la Convención del Metro fue modificada ligeramente.

Los representantes de los Gobiernos de los Estados miembros se reúnen cada cuatro años en la "Conferencia General de Pesas y Medidas"^{NT8} **CGPM**. La CGPM discute y examina el trabajo realizado por los Institutos Nacionales de Metrología y el BIPM, y emite recomendaciones sobre nuevas determinaciones metroológicas fundamentales y sobre cuestiones importantes relativas al propio BIPM.

En 2008, la Convención del Metro estaba formada por 51 estados miembros, y 27 estados y economías asociados a la CGPM, con derecho a enviar un observador a la CGPM.

La CGPM elige hasta 18 representantes para el "Comité International des Poids et Mesures" **CIPM**, que se reúne anualmente. El CIPM supervisa al BIPM en nombre de la CGPM y coopera con otras organizaciones internacionales de metrología. El CIPM lleva a cabo la preparación de los trabajos preliminares para las decisiones técnicas a adoptar por la CGPM. El CIPM se apoya en 10 comités consultivos. El presidente de cada comité consultivo suele ser un miembro del CIPM. Los otros miembros de los comités consultivos son representantes de los Institutos Nacionales de Metrología (véase el apartado 3.1.3) y otros expertos.

También se ha creado un cierto número de Comités Conjuntos del BIPM y de otras organizaciones internacionales para tareas particulares:

- JCDCMAS: Comité Conjunto para la coordinación de la asistencia a Países en vías de Desarrollo, sobre Metrología, Acreditación y Normalización.
- JCGM: Comité Conjunto para Guías sobre Metrología,
- JCRB: Comité Conjunto de las Organizaciones Metroológicas Regionales y el BIPM,
- JCTLM: Comité Conjunto para la Trazabilidad de Medicina en Laboratorios

NT8 La denominación de la CGPM en el idioma original es "Conférence Générale des Poids et Mesures"

Figura 2: Organización de la Convención del Metro



(*) Glosario en página 70

3.1.2 EL ACUERDO^{NT9} DE RECONOCIMIENTO MUTUO DEL CIPM

El Acuerdo de Reconocimiento Mutuo del CIPM (ARM-CIPM), es un acuerdo entre los institutos nacionales de metrología (INM, véase apartado 3.1.3). Fue firmado en 1999, ligeramente revisado en algunos aspectos técnicos en 2003, y consta de dos partes. Una se refiere al establecimiento del grado de equivalencia entre los

NT9 La traducción al español del término inglés "arrangement" puede ser de "arreglo" o "acuerdo". En algunos países el empleo de uno u otro puede tener distintas repercusiones legales. En España se ha optado por emplear del término "acuerdo" ya que se ajusta más al significado buscado según el diccionario de la RAE

patrones nacionales de medida, mientras que la segunda parte se refiere al reconocimiento mutuo de certificados de calibración y medida emitidos por los institutos participantes. Solo un INM por país puede firmar el ARM-CIPM, pero otros institutos que tienen reconocidos patrones nacionales en ese país también pueden ser designados y participar en el ARM-CIPM a través el INM signatario. Estos institutos son generalmente denominados ***institutos designados*** (ID). Un INM puede elegir adherirse a la primera parte o ambas partes del acuerdo ARM-CIPM. Los INM de los Estados asociados a la Convención del Metro pueden adherirse al ARM-CIPM sólo a través de su Organización Regional de Metrología. Las organizaciones intergubernamentales e internacionales designadas por el CIPM también pueden unirse al acuerdo ARM-CIPM. El ARM-CIPM no extiende ni reemplaza ninguna parte de la Convención del Metro, pues es un acuerdo técnico entre los directores de los INM y no es un tratado diplomático.

Los objetivos del ARM-CIPM son:

- establecer el grado de equivalencia entre los patrones nacionales de medida mantenidos por los INM;
- proporcionar lo necesario para el mutuo reconocimiento de los certificados de calibración y de medida expedidos por los INM;
- con base en lo anterior, proporcionar a los gobiernos y otras partes interesadas un fundamento técnico seguro, con miras al establecimiento de acuerdos más amplios relacionados con el comercio internacional, y con aspectos reglamentarios.

Estos objetivos se alcanzan a través del siguiente proceso:

- revisión por pares de las Capacidades de Medida y Calibración (CMC) declaradas por los INM y de los ID participantes;
- participación exitosa de los INM e ID en comparaciones internacionales de patrones de medida (comparaciones clave o suplementarias);
- revisión por pares de los sistemas de calidad y demostración de la competencia de los INM e ID participantes.

Los resultados de los procesos anteriores son las declaraciones de las CMC de cada INM e ID y los resultados de las comparaciones, ambos publicados en una base de datos mantenida por el BIPM y públicamente disponible en su web.

Los directores de los INM firman el ARM con la aprobación de las autoridades competentes de sus respectivos países y con ello contraen los siguientes compromisos:

- aceptar el proceso especificado en el ARM-CIPM para el establecimiento de la base de datos;
- reconocer los resultados de las comparaciones clave y suplementarias, tal como figuran en la base de datos;

- reconocer las CMC de otros INM e ID participantes, tal como se indican en la base de datos.

La participación de un INM en el ARM-CIPM ofrece, a los organismos nacionales de acreditación y a otras partes, la seguridad de la credibilidad internacional y la aceptación de las mediciones que el INM disemina. Por lo tanto, también proporciona la base para el reconocimiento internacional de las mediciones realizadas en los laboratorios de calibración y ensayo acreditados, siempre que estos laboratorios puedan demostrar su competencia y la trazabilidad de sus mediciones a un INM o ID participante.

La firma del ARM-CIPM compromete a los Institutos firmantes, pero no necesariamente a otros organismos en su país. La responsabilidad de las calibraciones y mediciones realizadas por un INM recae enteramente en el INM responsable de las mediciones, el ARM-CIPM no extiende la responsabilidad de esas mediciones a ningún otro INM.

El ARM-CIPM esta coordinado por el BIPM y los comités consultivos. Las Organizaciones Metrológicas Regionales y el BIPM son responsables de llevar a cabo el proceso descrito anteriormente, y el JCRB y el BIPM, son responsables de analizar y aprobar las entradas en la base de datos. En 2008, el ARM-CIPM había sido firmado por los representantes de 73 instituciones de 45 Estados miembros, 26 Asociados a la CGPM y 2 organizaciones internacionales, cubriendo a 117 institutos designados por los organismos firmantes. Actualmente alrededor del 90% del comercio mundial de las exportaciones de mercancías se realiza entre las naciones participantes en el ARM-CIPM.

Base de datos de comparaciones clave del BIPM

La base de datos de comparaciones clave del BIPM “Key comparison database, KCDB” consta de cuatro partes, que se consideran apéndices del ARM-CIPM:

Apéndice A: Lista de los INM e ID participantes.

Apéndice B: Resultados de las comparaciones clave y suplementarias.

Apéndice C: Capacidades de Medida y Calibración (CMC) de los INM y de los ID.

Apéndice D: Lista de las comparaciones clave.

En 2008 se habían registrado en la base de datos 620 comparaciones clave y 179 comparaciones suplementarias. El número de las CMC registradas era de unas 20 000, tras haber sufrido todas ellas un proceso de evaluación por pares a cargo de expertos de los INM, bajo la supervisión de las Organizaciones Metrológicas Regionales y coordinadas internacionalmente por el JCRB.

3.1.3 INSTITUTOS NACIONALES DE METROLOGÍA

Un Instituto Nacional de Metrología, **INM**, es un instituto designado por decisión oficial nacional para desarrollar y mantener los patrones nacionales de medida, de una o más magnitudes.

El INM representa internacionalmente al país ante los institutos metrológicos nacionales de otros países, las Organizaciones Metrológicas Regionales y el BIPM. Los INM constituyen la columna vertebral de la organización metrológica internacional mostrada en la Figura 2.

Puede obtenerse una lista de los INM y de los ID a través de las página web del BIPM y de las páginas web de las Organizaciones Metrológicas Regionales, p. ej.: en Europa, los INM y los ID asociados a EURAMET se encuentran en la página web de EURAMET (www.euramet.org).

Muchos INM llevan a cabo las realizaciones primarias de las unidades de medida básicas y derivadas, al máximo nivel que puede obtenerse en el ámbito internacional, mientras que otros INM realizan algunas unidades a través de patrones secundarios con trazabilidad a otros INM.

Además de las actividades descritas anteriormente, los INM normalmente son responsables de:

- la diseminación de las unidades del SI a los laboratorios acreditados, la industria, la educación, los legisladores etc;
- la investigación en metrología y el desarrollo de nuevos y mejores patrones de medida (primarios o secundarios) y métodos de medición;
- participar en las comparaciones al más alto nivel internacional;
- mantener una visión general de la jerarquía nacional sobre trazabilidad/calibración (el Sistema Nacional de Medición).

3.1.4 INSTITUTOS DESIGNADOS

El INM, o el gobierno de su nación, según corresponda, podrá nombrar a otros institutos del país para que mantengan patrones nacionales específicos. Éstos a menudo se denominan como “Institutos Designados”, si, en particular, participan en las actividades del ARM-CIPM.

Algunos países actúan centralizando la organización metrológica en un INM. Otros países actúan descentralizando la organización metrológica, con un NMI principal y una multiplicidad de Institutos Designados, que pueden o no tener la condición de INM dentro de su país, en función de sus competencias nacionales.

Los Institutos Designados son nombrados de acuerdo con el plan de acción metrológica establecido para las diferentes magnitudes y de acuerdo con la política

metrológica del país. El número de institutos designados está actualmente creciendo, como consecuencia de la mayor importancia de la metrología en áreas no tradicionales como la química, la medicina y el análisis de los alimentos, dado que pocos países cuentan con un INM que cubra todos estos campos.

3.1.5 LABORATORIOS ACREDITADOS

La acreditación es el reconocimiento por tercera parte de la competencia técnica, del sistema de calidad y de la imparcialidad de un laboratorio.

Pueden acreditarse tanto laboratorios públicos como privados. La acreditación es voluntaria, pero algunas autoridades internacionales, europeas y nacionales para garantizar la calidad de los laboratorios de calibración y de ensayo, dentro de su área de competencia, piden la acreditación de éstos por un organismo de acreditación. Por ejemplo, en algunos países se exige la acreditación para los laboratorios que trabajan en el sector de la alimentación o en la calibración de pesas empleadas en tiendas de venta al por menor.

La acreditación se concede tras realizar una evaluación técnica del laboratorio y se mantiene mediante revisiones y visitas periódicas. La acreditación está basada generalmente en normas regionales o internacionales; por ejemplo, la Norma ISO/IEC 17025 “Requisitos generales para la competencia técnica de los laboratorios de calibración y de ensayo”, y en especificaciones y directrices técnicas relevantes para el laboratorio particular.

La intención es que los ensayos y calibraciones realizadas por los laboratorios acreditados en un país miembro sean aceptadas por las autoridades y la industria del resto de países miembros. Por ello, los organismos de acreditación han establecido acuerdos multilaterales, de carácter regional e internacional, de forma que se reconozca y promocióne la equivalencia mutua de cada uno de los sistemas y de los certificados e informes de ensayo expedidos por las organizaciones acreditadas.

3.1.6 ORGANIZACIONES METROLÓGICAS REGIONALES

La colaboración entre los institutos nacionales de metrología a nivel regional es coordinada por las Organizaciones Metrológicas Regionales (OMR), véase la figura 3. El objeto de las actividades de una OMR depende de las necesidades específicas de la región, pero en general incluye:

- La coordinación de las comparaciones de patrones nacionales de medida y otras actividades derivadas del ARM-CIPM.
- La cooperación en la investigación y el desarrollo de la metrología.
- Facilitar la trazabilidad a las realizaciones primarias de las unidades del SI
- La cooperación en el desarrollo de infraestructura metrológica de los países miembros.
- La formación y asesoría conjunta.
- Compartir capacidades e instalaciones técnicas

Dentro del ARM-CIPM, las OMR (RMO en inglés) desempeñan un papel crucial, ya que es su responsabilidad llevar a cabo el proceso de revisión descrito en 3.1.2 e informar de los resultados de sus OMR al Comité Conjunto de Organizaciones Regionales (JCRB).

3.1.7 ILAC

La *Cooperación Internacional para la Acreditación de Laboratorios (International Laboratory Accreditation Cooperation)* ILAC es una organización dedicada a la cooperación internacional entre los distintos esquemas de acreditación de laboratorios que operan en el mundo. ILAC se inició como una conferencia en 1977 y se formalizó como entidad de cooperación en 1996. En el año 2000, 36 miembros firmaron el *Acuerdo de Reconocimiento mutuo de ILAC* y, ya en el año 2008, el número de miembros de ARM_ILAC había subido a 60. A través de la evaluación de los organismos de acreditación participantes, se ha mejorado la aceptación internacional de los datos de ensayo y la eliminación de las barreras técnicas al comercio, en apoyo de lo recomendado en el Acuerdo sobre Barreras Técnicas al Comercio, de la Organización Mundial del Comercio (WTO).

ILAC es el principal foro internacional para el desarrollo de prácticas y procedimientos para la acreditación de laboratorios. ILAC promueve la acreditación de laboratorios como forma de ayuda al comercio, junto con el reconocimiento de las capacidades de calibración y ensayo en todo el mundo. Como parte de su enfoque global, ILAC ofrece asesoramiento y asistencia a países que están en proceso de desarrollo de sus propios sistemas de acreditación de laboratorios. Estos países en desarrollo pueden participar en ILAC como Afiliados, teniendo así acceso a los recursos de los miembros más experimentados de ILAC.

3.1.8 OIML

La *Organización Internacional de Metrología Legal* OIML es una Organización intergubernamental fundada en 1955 bajo un tratado basado en una convención, que fue modificado en 1968. La finalidad de la OIML es promover la armonización global de los procedimientos de la metrología legal. En 2008 la OIML contaba con 59 países miembros y 57 países en calidad de miembros correspondientes, que participan en la OIML como observadores.

La OIML ha desarrollado desde su creación una estructura técnica mundial que proporciona a los miembros directrices metrológicas para la elaboración de requisitos regionales y nacionales relativos a la fabricación y uso de instrumentos de medida, que se aplican en metrología legal. La OIML elabora recomendaciones internacionales, dotando así a sus miembros de una base internacionalmente aceptada para el establecimiento de su legislación nacional sobre diversos tipos de instrumentos de medida.

Los principales apartados de las Recomendaciones Internacionales OIML son:

- alcance, aplicación y terminología
- requisitos metrológicos
- requisitos técnicos
- métodos y equipamiento para el ensayo y la verificación de la conformidad con los requisitos
- formato de informe de ensayo

Los proyectos de Recomendaciones y Documentos de la OIML son elaborados por comités y subcomités técnicos compuestos por representantes de los países miembros. En 2008 la OIML tenía 18 comités técnicos.

El Sistema de Certificación OIML introducido en 1991, proporciona a los fabricantes la posibilidad de obtener Certificados de Conformidad OIML e Informes de Ensayo OIML que indiquen que un modelo de instrumento dado cumple los requisitos de las Recomendaciones Internacionales OIML que le sean de aplicación. Los Certificados son expedidos por los Estados miembros de la OIML que tienen establecidas una o más Autoridades emisoras responsables de tramitar las solicitudes de los fabricantes que desean certificar sus modelos de instrumentos. La aceptación de estos certificados por los servicios nacionales de metrología es voluntaria

En 2005, se inició la aplicación del Acuerdo de Aceptación Mutua OIML, AAM-OIML. El AAM-OIML se refiere a las evaluaciones de modelo de la OIML. El objetivo es llegar a firmar una Declaración de Confianza Mutua en cada área. El proceso sigue en desarrollo.

3.1.9 IUPAP

La *Unión Internacional de Física Pura y Aplicada*, IUPAP, fue fundada en 1923. En 2008 contaba con 48 comunidades de físicos como miembros, estando el trabajo organizado en 20 comisiones. Una de ellas es la Comisión para Patrones, Unidades, Nomenclatura, Masas Atómicas, y Constantes Fundamentales, la cual tiene como primer artículo de sus misiones:

Promover el intercambio de información y criterios entre los miembros de la comunidad científica internacional en el campo general de las Constantes Fundamentales, incluyendo:

- a) las mediciones físicas
- b) la metrología pura y aplicada
- c) la nomenclatura y los símbolos para las magnitudes físicas y unidades,
- d) la promoción de trabajos que contribuyan a mejorar los valores recomendados para las masas atómicas y las constantes físicas fundamentales, y facilitar su adopción universal.

La IUPAP publica el “libro rojo” sobre “Símbolos, Unidades y Nomenclatura en Física”.

3.1.10 IUPAC

La *Unión Internacional de Química Pura y Aplicada*, IUPAC, es un organismo internacional no gubernamental que pretende avanzar en los aspectos mundiales de las ciencias químicas y contribuir a la aplicación de la química para abordar cuestiones relacionadas con las ciencias químicas.

La IUPAC, se fundó en 1919. y es una asociación de Organizaciones Nacionales Adheridas, siendo 50 en 2008, con otras 17 organizaciones como Organizaciones Nacionales Adheridas Asociadas. La IUPAC cuenta con 8 divisiones. y esta reconocida como la autoridad mundial en nomenclatura química, terminología, métodos normalizados de medida, pesos atómicos y muchos otros datos de evaluación crítica.

La IUPAC publica una serie de libros sobre nomenclatura química en diferentes áreas de la química.

3.2 INFRAESTRUCTURA EUROPEA

La cobertura geográfica de las organizaciones metroológicas regionales (OMR) se muestra en el *mapamundi* de la Figura 3.

3.2.1 METROLOGÍA - EURAMET

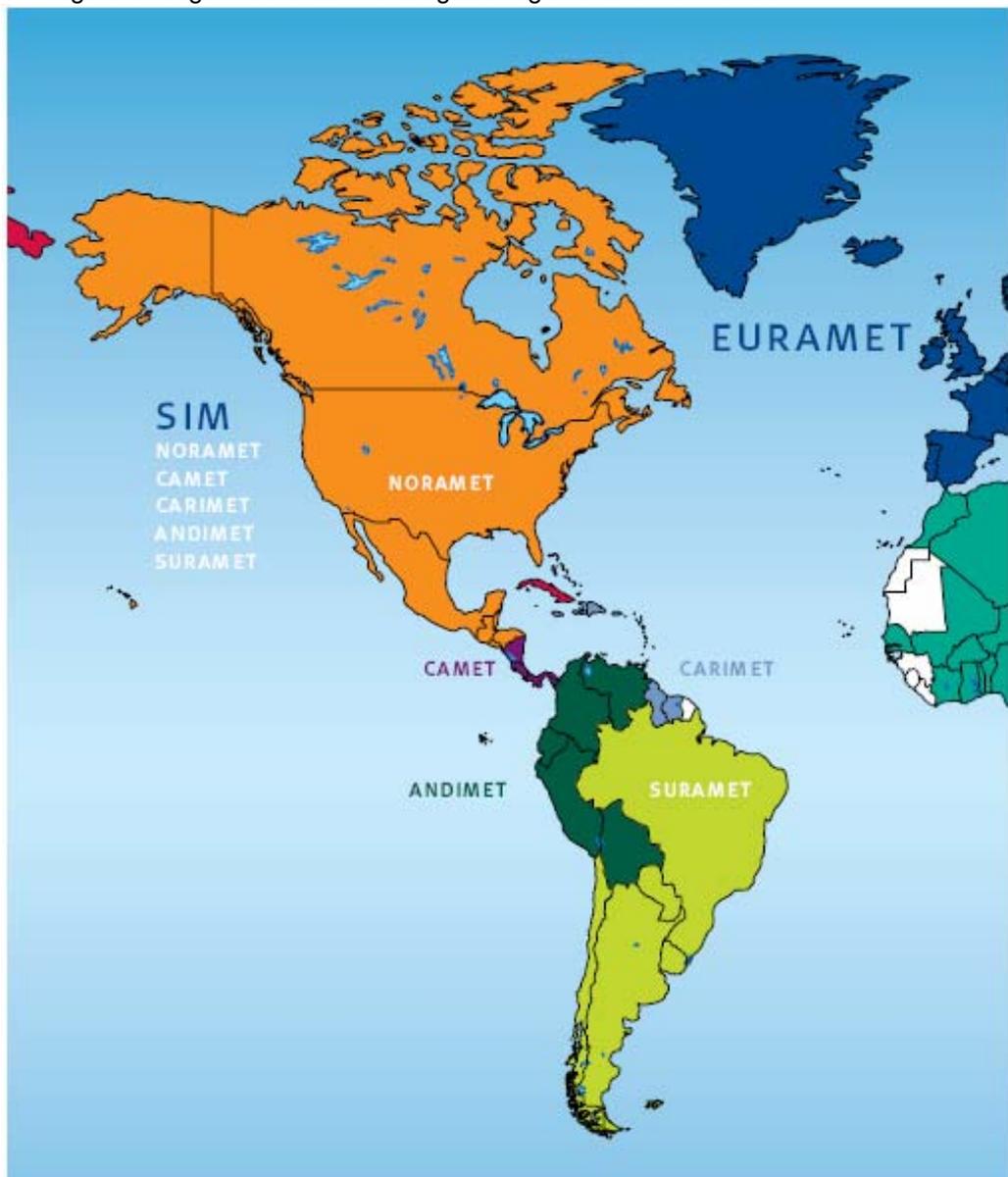
La metrología europea ha sido coordinada durante casi 20 años por EUROMET, la Colaboración Europea sobre Patrones de Medida, basada en un Memorandum de Entendimiento. Los nuevos retos para la metrología europea, tales como el aumento del nivel de la integración y coordinación de la investigación y el desarrollo de la metrología, pusieron de relieve la necesidad de establecer una entidad jurídica para la coordinación de la metrología europea. En enero de 2007, la *Asociación Europea de Institutos Nacionales de Metrología*, EURAMET e.V., se inauguró como una asociación registrada de utilidad pública, bajo la legislación alemana. El 1 de julio de 2007, EURAMET sustituyó a EUROMET como la OMR europea.

La estructura de EURAMET se muestra en la Figura 4. EURAMET cuenta con 12 comités técnicos, 10 cubren los campos temáticos enumerados en la Tabla 1, mientras que los otros 2 son campos interdisciplinarios de la metrología que se dedican a la revisión por pares de los INM e ID, y a los sistemas de calidad en el marco del ARM-CIPM.

En 2008 EURAMET tenía 32 INM miembros europeos, más el *Instituto para Mediciones y Materiales de Referencia* (IRMM) de la Comisión de la Unión Europea y 4 INM solicitantes como miembros asociados. Los Institutos Designados por los países que ya cuentan con un INM miembro, participan como Asociados en los trabajos de EURAMET.

Uno de los objetivos de EURAMET es lograr la "masa crítica" y un mayor impacto a través de la coordinación de la investigación europea en la metrología. Esto incluye el análisis de las necesidades futuras comunes en metrología, la definición de objetivos y programas comunes, así como la planificación y la ejecución de proyectos conjuntos de investigación, que reúnan a las especialidades de los institutos nacionales de metrología participantes. En el marco del proyecto iMERA ("Implementación de la Metrología en el Espacio Europeo de Investigación"), se ha elaborado un programa europeo de investigación en metrología (EMRP), desarrollándose en EURAMET los procedimientos y la infraestructura necesaria para su aplicación. En 2008 comenzó la primera fase del EMRP, un programa a tres años dotado con 64 millones de euros, cofinanciado conjuntamente por los 20 países participantes y la Comisión Europea, dentro de su programa ERANET Plus.

Figura 3. Organizaciones metroológicas regionales en el mundo



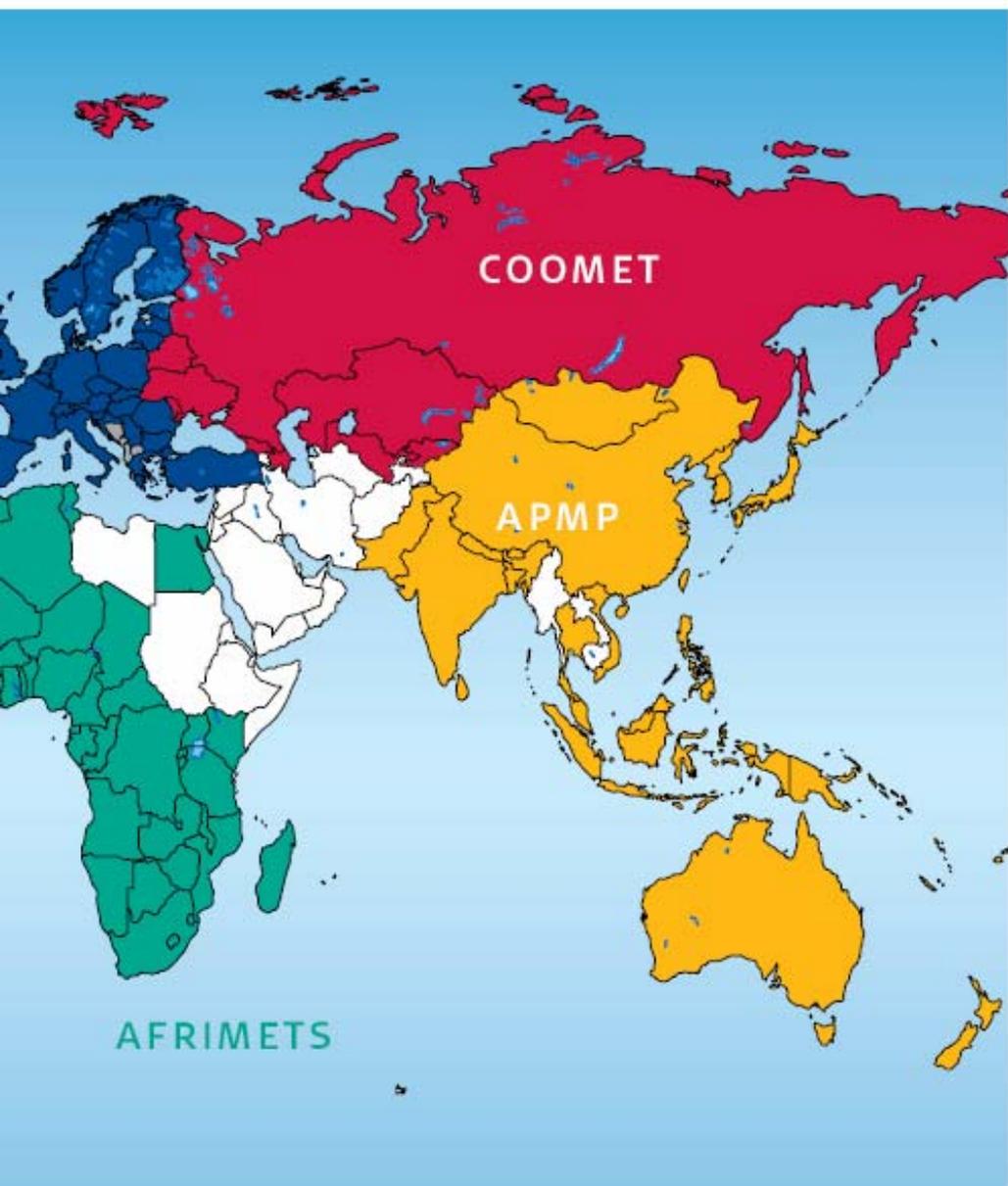
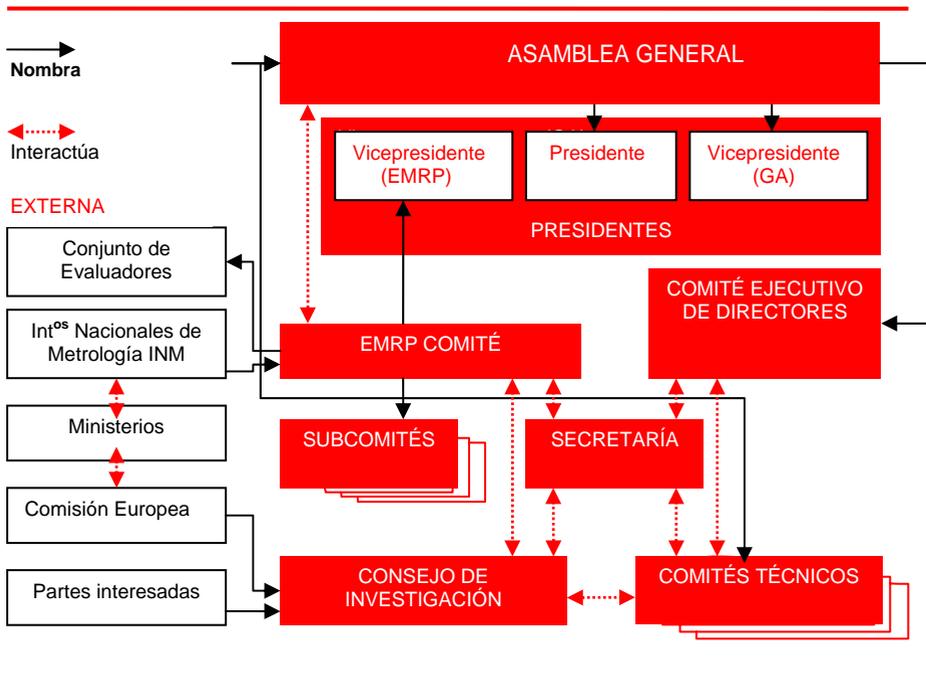


Figura 4: Estructura de EURAMET e.V.



3.2.2 ACREDITACIÓN - EA

La *European Cooperation for Accreditation* (EA) es una organización no lucrativa establecida en noviembre de 1997 y registrada como asociación en Holanda en junio del año 2000. EA se formó como resultado de la unión de la “European Accreditation of Certification” y la “European co-operation for Accreditation of Laboratories”. EA es la red europea de organismos de acreditación reconocidos nacionalmente con ámbito de actuación en el área geográfica europea. EA es miembro regional de la “International Laboratory Accreditation Cooperation” (ILAC) y del “International Accreditation Forum” (IAF).

Los miembros de EA que hayan superado con éxito una evaluación por pares, pueden firmar el acuerdo multilateral correspondiente (EA-MLA) para la acreditación de:

- Laboratorios de calibración y ensayo,
- Organismos de inspección,
- Organismos de certificación (QMS, EMS, productos y servicios, personas, verificadores EMAS),

por el cual reconocen y promueven entre sí la equivalencia de sus sistemas de acreditación, así como de los certificados e informes expedidos por los organismos acreditados.

En 2008 EA contaba con 35 organismos de acreditación miembros de pleno derecho, y organizaciones de 27 países europeos habían firmado el Acuerdo Multilateral sobre Ensayos EA-MLA.

En junio de 2005, EA y EUROMET firmaron un Memorandum de entendimiento (MoU), que tenía por objeto apoyar la cooperación continua entre las dos organizaciones. Tras el establecimiento de EURAMET como la OMR Europea, el MoU se reemplazará y firmará entre EA y EURAMET. La gestión de los documentos específicos sobre calibración ha sido traspasada de EA a EURAMET, además EURAMET proporciona apoyo a EA en el ámbito de las comparaciones entre laboratorios de calibración.

En la mayor parte de los países, la infraestructura metrológica está compuesta por los Institutos Nacionales de Metrología (INM), los institutos nacionales designados y los laboratorios acreditados. En muchos países, la tendencia para los INM y los institutos designados es buscar la evaluación de sus sistemas de calidad por tercera parte a través de la acreditación, certificación o evaluación por pares.

3.2.3 METROLOGÍA LEGAL - WELMEC

La *Western European Legal Metrology Co-operation* (WELMEC) fue creada en 1990, mediante un Memorandum de Entendimiento firmado por 15 países miembros de la UE y 3 de la EFTA, coincidiendo con la preparación y puesta en vigor de las directivas europeas de “Nuevo Enfoque”. El nombre de la colaboración fue posteriormente modificado, en 1995, por el de “*European Co-operation in Legal Metrology*”, aunque permanecen las siglas WELMEC. Desde entonces WELMEC ha aceptado como miembros Asociados a aquellos países que han firmado acuerdos con la Unión Europea. Los miembros de WELMEC son las Autoridades Nacionales de Metrología Legal de los países miembros de la UE y la EFTA, mientras que las autoridades nacionales de metrología legal de aquellos países que están en proceso de integración en la UE son miembros Asociados. En 2008 WELMEC contaba con 33 miembros de pleno derecho y 3 miembros Asociados.

Los objetivos de WELMEC son:

- incrementar la confianza mutua entre las autoridades europeas de metrología legal
- armonizar las actividades de metrología legal
- fomentar el intercambio de información entre todos los organismos involucrados

El Comité WELMEC está compuesto por delegados de los estados miembros y asociados, junto con observadores de EURAMET, EA, OIML y otras organizaciones regionales con interés en metrología legal. El Comité se reúne al menos una vez al año, apoyándose en un número de grupos de trabajo. Un pequeño grupo presidencial asesora al Presidente sobre cuestiones estratégicas.

WELMEC asesora a la Comisión Europea y al Consejo en lo que respecta al desarrollo y posterior implementación de las Directivas en el campo de la metrología legal, por ejemplo, la Directiva sobre instrumentos de medida y la Directiva sobre instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático.

3.2.4 EUROLAB

La *European Federation of National Associations of Measurement, Testing and Analytical Laboratories* (EUROLAB) engloba en torno a 2000 laboratorios europeos. EUROLAB es una organización de cooperación, de carácter voluntario, que representa y promueve los puntos de vista técnicos y políticos de la comunidad de laboratorios, coordinando acciones relativas a, por ejemplo, la Comisión Europea, la normalización europea y otras cuestiones internacionales.

EUROLAB organiza seminarios y simposios, y genera recomendaciones sobre temas concretos e informes técnicos. Muchos laboratorios dedicados a la metrología son también miembros de EUROLAB.

3.2.5 EURACHEM

EURACHEM, fundada en 1989, es una *red de organizaciones* de 33 países europeos más la Comisión Europea, que tiene por objetivo establecer un sistema de trazabilidad internacional para las mediciones químicas, así como la promoción de buenas prácticas de calidad. La mayoría de los países miembros tienen también establecidas redes EURACHEM nacionales.

EURACHEM y EURAMET cooperan con vistas al establecimiento de laboratorios designados, el empleo de materiales de referencia y la trazabilidad a la unidad SI de cantidad de sustancia, el mol. Las cuestiones técnicas se discuten en el Comité Técnico Conjunto para la Metrología Química (MetChem).

3.2.6 COOMET

COOMET, la *cooperación entre las instituciones metrológicas nacionales en Euro-Asia*, fue fundada en 1991 y es una cooperación entre 17 institutos nacionales de metrología de Europa Central y Oriental y de países de Asia Central. COOMET es la Organización Regional de Metrología de Eurasia, y sus miembros cooperan en los campos de la metrología legal, científica y aplicada (servicios de calibración).

3.3 INFRAESTRUCTURA AMERICANA

3.3.1 METROLOGÍA - SIM

El *Sistema Interamericano de Metrología* (SIM) se formó mediante acuerdo entre las organizaciones metrológicas nacionales de 34 naciones miembros de la Organización de Estados Americanos (OEA). El SIM es la Organización Metrológica Regional americana para los fines del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) del

CIPM (véase apartado 3.1.2).

Creado para promover la cooperación internacional y regional en metrología, en particular en el Continente Americano, el SIM está comprometido con el establecimiento de un sistema global de medición en América, en el que todos los usuarios puedan depositar su confianza. En su trabajo por el establecimiento de un sistema regional de mediciones fiable, el SIM está organizado en cinco sub-regiones:^{NT10}

- NORAMET para Norteamérica
- CARIMET para el Caribe
- CAMET para América Central
- ANDIMET para los países andinos
- SURAMET para los otros países de Sudamérica

El SIM también se ocupa de la metrología legal en América. El objetivo del Grupo de Trabajo sobre Metrología Legal es armonizar los requisitos y actividades de la metrología legal en América, conforme a las Recomendaciones y Documentos de la OIML.

3.3.2 ACREDITACIÓN - IAAC

La *Inter American Accreditation Cooperation* (IAAC) es una asociación de organismos de acreditación y otras organizaciones interesadas en la evaluación de la conformidad en América.

Su misión es establecer acuerdos de reconocimiento mutuo, internacionalmente aceptados, entre los organismos de acreditación americanos. También promueve la cooperación en América entre los organismos de acreditación y partes interesadas, para el desarrollo de las estructuras de evaluación de la conformidad, de forma que mejoren los productos, los procesos y los servicios. Tanto los organismos de acreditación de laboratorios como los de acreditación de sistemas de gestión pueden ser miembros de la IAAC. La IAAC proporciona amplios programas de formación a sus miembros.

La IAAC cuenta con 20 miembros de pleno derecho, 7 miembros asociados y 22 entidades interesadas de 22 países. ILAC e IAF han reconocido a la IAAC como organismo regional representante de América.

3.4 INFRAESTRUCTURA EN LA REGIÓN ASIA-PACÍFICO

3.4.1 METROLOGÍA - APMP

El Programa de Metrología en Asia-Pacífico, *Asia Pacific Metrology Programme*

NT10 Los pocos países del Continente Americano que no participan en el SIM, lo hacen con otras OMR

(APMP) es la OMR de la región Asia-Pacífico y asume las responsabilidades de una OMR, descritas en el apartado 3.1.6. El APMP se creó en 1977 y es el grupo metrológico regional que más tiempo lleva operando en el mundo.

APMP estableció un Comité de Economías en Desarrollo (DEC) para ayudar a abordar las necesidades de los institutos nacionales de metrología de los países en desarrollo, y para supervisar y coordinar los programas de trabajo asociados.

3.4.2 ACREDITACIÓN - APLAC

La *Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation*, APLAC, es la organización de cooperación entre organizaciones responsables de la acreditación de organismos de calibración, ensayo e inspección, en la región Asia-Pacífico.

Sus miembros son organismos de acreditación con reconocimiento nacional, normalmente pertenecientes o avalados por sus gobiernos. Los miembros de APLAC evalúan laboratorios y organismos de inspección respecto a normas internacionales, y acreditan su competencia para la realización de ensayos o inspecciones específicas.

APLAC comenzó su andadura en 1992 como foro para permitir a los organismos de acreditación el intercambio de información, la armonización de procedimientos y el desarrollo de Acuerdos de Reconocimiento Mutuo tendentes a lograr el reconocimiento de los resultados de ensayos e inspecciones, por encima de las fronteras nacionales. APLAC tiene programas activos para

- el intercambio de información entre miembros,
- el desarrollo de guías técnicas,
- comparaciones interlaboratorios y ensayos de aptitud,
- formación de evaluadores de laboratorios y
- el desarrollo de procedimientos y reglas para el establecimiento de Acuerdos de Reconocimiento Mutuo.

3.4.3 METROLOGÍA LEGAL – APLMF

El *Asia-Pacific Legal Metrology Forum* (APLMF) es una agrupación de autoridades de metrología legal, cuyo objetivo es el desarrollo de la metrología legal y la promoción de un mercado abierto y libre en la región, a través de la armonización y la eliminación de barreras técnicas y administrativas al comercio, en el campo de la metrología legal. Como organización regional que trabaja en estrecho contacto con la OIML, el APLMF promueve la comunicación y la interacción entre las organizaciones de metrología legal, y busca la armonización de ésta en la región Asia-Pacífico.

APMP, APLAC y APLMF están reconocidas por la Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) como Organismos Regionales Especializados. Estos

Organismos asisten al Subcomité sobre Normas y Conformidad de la APEC, con el objetivo de eliminar barreras técnicas al comercio, dentro de la región.

3.5 INFRAESTRUCTURA AFRICANA

3.5.1 METROLOGÍA -AFRIMETS

El *Intra-África Metrology System*, AFRIMETS, fue establecido por una Asamblea General constituyente en julio de 2007, encabezada por SADC MET (véase 3.5.2) y bajo los auspicios de la Nueva Asociación Económica para el Desarrollo de África (NEPAD), de la Unión Africana (UA).

Con el fin de representar a todo el continente con eficacia y eficiencia se ha construido sobre la cooperación subregional en metrología, preferentemente bajo Comunidades Económicas Regionales (tales como, SADC, EAC, CEMAC, ECOWAS, UEMOA), como miembros principales. AFRIMETS abarca tanto la metrología científica, como la industrial y la legal. Se espera que AFRIMETS sustituya a SADC MET como la OMR africana en el marco del ARM-CIPM durante la última parte de 2008, a fin de cubrir la totalidad del continente africano.^{NT11}

AFRIMETS tiene cinco organizaciones sub-regionales como miembros principales:^{NT12}

- CEMAC MET - la cooperación en metrología de los países de África central
- EAC MET - la cooperación en metrología, de los países del este de África
- MAG MET - la cooperación en metrología, de los países del Magreb.
- SADC MET - la cooperación en metrología, de los países del sur de África, incluida SADC MEL para la metrología legal.
- SOA MET - la cooperación en metrología, de los países de África occidental

Los países que no son parte de una organización sub-regional pueden unirse a AFRIMETS como miembros ordinarios. En 2008 había 3 miembros ordinarios.

SADC

La *Southern African Development Community* (SADC), está formada por los 14 países firmantes de su tratado constitutivo. SADC tiene el mayor record en cooperación subregional encomendada por el protocolo de comercio SADC y el "Memorandum de Entendimiento sobre Cooperación en Normalización, Aseguramiento de la Calidad, Acreditación y Metrología (SQAM). El Programa SQAM y sus estructuras constitutivas, SADC STAN (*Cooperación SADC en Normalización*) SADCA, SADC MET y SADC MEL, tienen como finalidad eliminar las barreras técnicas al comercio.

NT11

NT12

AFRIMETS está reconocida oficialmente como la ORM para África, desde octubre de 2008
Nuevas regiones desde 2009: NEWMET (Egipto, Nigeria, Gana, Etiopía, Libia, Sudán)

3.5.2 METROLOGÍA - SADC MET

SADC MET es la *SADC Cooperation in Measurement Traceability* (SADC MET) formada por 14 miembros firmantes y 5 miembros asociados. Los miembros son INM o Institutos de Metrología “de facto”. SADC MET es la Organización Metroológica Regional Surafricana reconocida en el Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) del CIPM, pero solo cubre una parte del continente. Está previsto que la recientemente establecida AFRIMETS sustituya a SADC MET como OMR en el marco del ARM-CIPM, cubriendo la totalidad del continente africano. Una vez AFRIMETS asuma el papel de RMO, SADC MET seguirá como una de las subregiones miembros de AFRIMETS. (Véase NT11)

3.5.3 ACREDITACIÓN - SADCA

La SADC Cooperation in Accreditation (SADCA) facilita la creación en la región de un grupo internacionalmente aceptado de laboratorios acreditados y organismos de certificación de personas, productos y sistemas, incluyendo los de gestión medioambiental y de calidad, y proporciona a los Estados Miembros acceso a la Acreditación como forma de eliminación de las barreras técnicas al comercio, tanto en el campo voluntario como en el reglamentario. SADCA tiene la tarea de definir una infraestructura adecuada para la acreditación que permita a las organizaciones de los estados miembros de SADC, tanto acceder a los servicios de acreditación de los Organismos Nacionales de Acreditación reconocidos internacionalmente dentro de sus países, como formar un servicio de acreditación regional, SADCAS.

3.5.4 METROLOGÍA LEGAL - SADC MEL

La *SADC Cooperation in Legal Metrology* (SADC MEL) promueve la armonización de la reglamentación nacional en metrología legal de los estados miembros y entre SADC y otros bloques comerciales regionales e internacionales. Sus miembros ordinarios son las autoridades de metrología legal de los Estados miembros de la SADC.

3.5.5 OTRAS ESTRUCTURAS SUBREGIONALES

La **East African Community (EAC)** acordó un protocolo en 2001 y una ley sobre Normalización, Calidad, Metrología y Ensayos en 2006, con el fin de promover la cooperación regional en metrología a través del Subcomité de Metrología de la EAC. Sus principales objetivos son el reconocimiento internacional de las capacidades de medida, y el desarrollo, incremento y demostración de las mismas a través de comparaciones. Estructuras similares existen en los Estados de la **Unión Económica y Monetaria de África Occidental (UEMOA)**, donde el Sistema de Metrología de África Occidental SOAMET y el Sistema de Acreditación SOAC promueven y coordinan las actividades regionales en materia de metrología y de acreditación, respectivamente. Una cooperación similar se encuentra en preparación en otras comunidades económicas regionales africanas como ECOWAS y COMESA.

4. IMPACTO DE LA METROLOGÍA- ALGUNOS EJEMPLOS

4.1 GAS NATURAL

El gas natural tiene un valor de miles de millones de euros – ¿Cuál es su coste?

Las mediciones relativas al valor del gas natural deben ser coherentes y fiables en toda Europa para proteger a los consumidores y el erario.

La Unión Europea tiene 210 millones de consumidores de gas natural, el cual se suministra a través de 1,4 millones de kilómetros de tuberías. El volumen del consumo anual es de 500 mil millones de metros cúbicos, lo que supone un valor de varios cientos de miles de millones de euros.

El gas es una cara comodidad transportada a lo largo de toda Europa y sometida a cargas fiscales, por lo que es importante que consumidores, países importadores o exportadores y las autoridades fiscales puedan confiar en que las mediciones realizadas sean justas, consistentes y fiables.

El pago del gas se realiza de acuerdo con su volumen y su poder calorífico, que viene determinado por su composición; para medirla se acude a la cromatografía de gases, pero las medidas son complejas ya que deben realizarse diaria, semanal, mensual y anualmente, en múltiples lugares a lo largo de la red de tuberías. El cálculo del poder calorífico se realiza automáticamente gracias a los cromatógrafos de gases de acuerdo con normas técnicas internacionales.

La calibración de un cromatógrafo de gases se basa en el uso de materiales de referencia certificados (MRC), en este caso gases, trazables a un MRC de un instituto nacional de metrología. Bajo el Acuerdo de Reconocimiento Mutuo del CIPM (ver capítulo 3.1.2), todos los institutos nacionales de metrología e institutos designados firmantes están obligados a someter sus capacidades de medida y calibración, y sus sistemas de calidad a la revisión por pares, y a participar en las comparaciones clave apropiadas (los resultados de la comparación mundial CIPM de gas natural se presentan en la figura 5). De forma similar, los laboratorios acreditados cubiertos por los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo de ILAC también participan en comparaciones internacionales. Estos tratados del CIPM y de ILAC proporcionan un mecanismo para el reconocimiento internacional de los certificados de calibración emitidos por los institutos participantes.

Estos acuerdos, las revisiones por pares, y las mediciones y comparaciones prácticas que los respaldan, proporcionan confianza en el comercio y transporte de materias primas entre países.

Figura 5: Resultados de una comparación mundial de medición de gas natural
 CCQM-K1,g, Gas natural tipo iii.
 Grados de equivalencia para el metano para un valor nominal de 824 mmol/mol

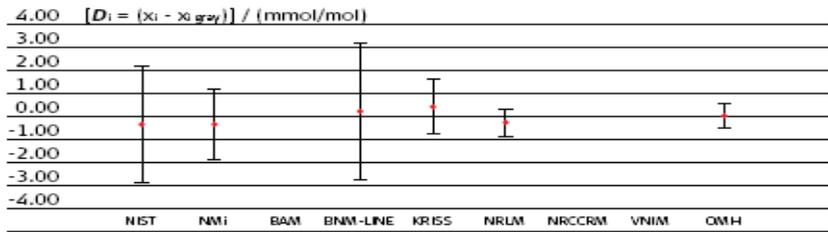
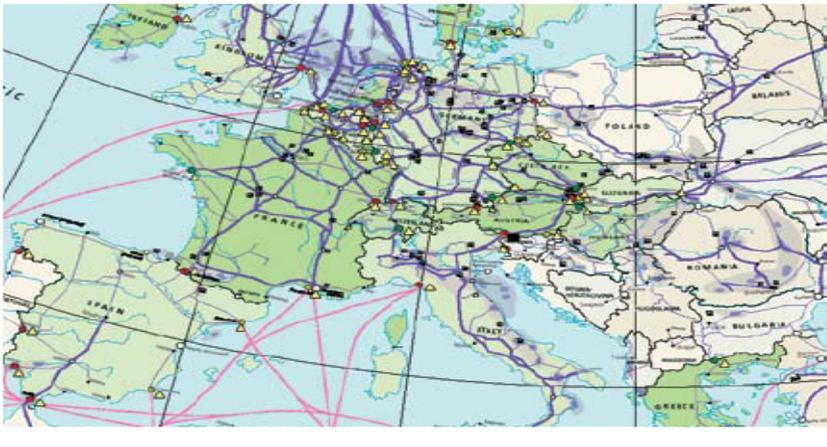


Figura 6: Red Europea de conducciones de Gas Natural



Fuente: ote Gas Transmission Europe

4.2 DIÁLISIS DE RIÑÓN

Diálisis – las mediciones exactas mejoran la calidad de vida y reducen los costes sanitarios

La investigación fundamental en la medición de la conductividad electrolítica tiene un impacto directo sobre la calidad de vida de los pacientes de diálisis.

La calidad de vida de los casi un cuarto de millón de pacientes de diálisis europeos se ve afectada por sus tratamientos de diálisis, que habitualmente tienen una duración de cuatro a cinco horas dos o tres veces por semana, y sin los cuales podrían morir. El tratamiento es penoso para el paciente, afecta a su vida social y laboral y conlleva grandes costes sanitarios. Por ello es importante conseguir que el tratamiento sea lo más efectivo posible.

El número de pacientes con enfermedad crónica de riñón aumenta anualmente entre un 7 % y un 9 %, lo que significa que cada diez años se duplica su número; al mismo tiempo el número de personas con necesidad de diálisis se espera que se incremente alrededor de un 4% al año. Alrededor del 75 % de los pacientes daneses de diálisis son tratados mediante hemodiálisis, proceso en el que la sangre del paciente es bombeada a través de una máquina de diálisis que elimina los productos de desecho por un proceso osmótico. El proceso es controlado midiendo la conductividad electrolítica de la solución salina que es también bombeada a través de la máquina para extraer los productos de desecho. A mayor exactitud en la medición de la conductividad electrolítica, mayor optimización del proceso, disminuyendo por tanto la duración del tratamiento y el sufrimiento del paciente durante la diálisis.

La investigación fundamental en la medición de la conductividad electrolítica tiene un impacto directo en la calidad de vida de los pacientes de hemodiálisis y en los costes sanitarios.

4.3 NANOPARTÍCULAS

Midiendo nanopartículas para la protección de la salud

La medida de nanopartículas en suspensión en el medioambiente y en los lugares de trabajo puede ayudar a mejorar la calidad del aire y la salud.

El impacto en la salud humana de las nanopartículas en suspensión es un tema de creciente preocupación. Estas partículas pueden entrar en el cuerpo por la inhalación, ingestión o absorción a través de la piel y es sabido que provocan problemas respiratorios. Las nanopartículas son producidas tanto de forma natural como artificial: combustión, tráfico, material manufacturado, polvo, hollín y polen. El mercado relacionado con la nanotecnología está aumentando rápidamente, desde alrededor de 38 mil millones de euros en 2001 hasta una cifra estimada de 152 mil millones de euros en el año 2010, contribuyendo las nanopartículas con alrededor de un 40 % a esta cifra.

Estudios recientes de partículas aéreas en suspensión sugieren que el daño que provocan en los genes humanos puede estar relacionado con su tamaño, y con el área superficial externa, aumentando su toxicidad a medida que disminuye su tamaño.

Tres vías de investigación están siendo seguidas para determinar la cantidad de nanopartículas existentes en la atmósfera o en los lugares de trabajo, así como su efecto sobre la salud humana. Esta investigación permitirá desarrollar en el futuro legislación sobre salud y seguridad, regulaciones medioambientales y nuevas normas para la protección de la salud:

1. Instrumentación capaz de realizar medidas de nanopartículas existe desde hace varios años, pero su fiabilidad y la equivalencia de las mediciones entre distintos tipos de instrumentos, así como su caracterización metrológica, deben ser aún establecidas. En la actualidad, la investigación metrológica se encamina a la caracterización de distintos instrumentos y a resolver algunos temas fundamentales en la medición de nanopartículas. Los parámetros clave que están siendo investigados incluyen la concentración, el tamaño de partícula, su área superficial y su composición.
2. Síntesis exacta de nanopartículas con diámetro estable, ajustable y trazable, y concentración conocida. Estos generadores de partículas permitirán la calibración de instrumentos medidores de nanopartículas y el estudio de los artefactos^{NT13} que aparecen en la fase gaseosa en la medición de la concentración de masa de partículas (instrumentos ampliamente utilizados en el análisis de los residuos de los motores de combustión).

NT13 En los experimentos, formación producida exclusivamente por los instrumentos empleados y perturbadora de la recta interpretación de los resultados obtenidos (adaptado de la RAE).

3. Mejora de los métodos de caracterización de nanopartículas y profundización en el conocimiento de su interacción con el ser humano. Esto permitirá la clasificación de las nanopartículas por su toxicidad, lo que es un paso importante para el establecimiento de una legislación apropiada.

4.4 FERTILIZANTES

Mediciones precisas podrían ahorrar 700 000 toneladas de fertilizantes cada año

Esparcidores eficientes de fertilizante reducen el impacto medioambiental y favorecen el ahorro económico en la agricultura.

El consumo excesivo de fertilizantes es muy costoso para los agricultores, aumenta la polución ambiental y provoca daños debido a los residuos que los campos cultivados vierten en los arroyos, ríos y otras tierras adyacentes. Este consumo excesivo no es generalmente intencionado y se debe a la falta de eficacia de los esparcidores de fertilizante para cada tipo de campo y de fertilizante.

Soluciones innovadoras basadas en la metrología han contribuido significativamente al desarrollo de esparcidores inteligentes de fertilizante. Estas soluciones están relacionadas con la medida de la masa del fertilizante esparcido por hectárea y el desarrollo y la validación de métodos adecuados de medida. La medida de la cantidad de fertilizante que fluye por el esparcidor se combina con el posicionamiento vía GPS del propio esparcidor en el campo. Así la cantidad de fertilizante a esparcir puede ajustarse para las distintas necesidades de fertilización de cada zona del campo de cultivo. Éstas se estiman a partir de un mapa del rendimiento anual de los campos cultivados en años anteriores.

Estos nuevos desarrollos disminuyen la incertidumbre por hectárea de los esparcidores de fertilizante de un 5 % a un 1 %, lo que podría parecer no demasiado, pero si se considera que 15,6 millones de toneladas de fertilizante comercial para la agricultura se consumieron a lo largo de 2001 por 15 países de la Unión Europea, el uso de estos nuevos esparcidores en aquel momento podría haber reducido el consumo de 15,6 millones a 14,9 millones de toneladas, es decir, una reducción del 4,5 % y un ahorro de varios cientos de millones de euros. Estos nuevos equipamientos conllevan beneficios para los agricultores y para la sociedad en general, aumentando los beneficios de los primeros y disminuyendo los daños medioambientales.

4.5 CONTADORES (MEDIDORES) DE ENERGÍA TÉRMICA

Control inteligente para los contadores de energía térmica

Una solución inteligente para los contadores de energía térmica podría reducir costes para los cien millones de personas que habitan en el norte de Europa y en otras regiones frías del planeta.

Los requerimientos y procedimientos para la conformidad de los contadores de energía térmica están regulados en la Unión Europea por la directiva MID de instrumentos de medida 2004/22/CE, en su anexo MI-004, mientras que el control de los contadores en uso está regulado por las distintas legislaciones nacionales. Para medir la energía consumida, un contador necesita realizar tres medidas: el flujo de agua y la temperatura del agua a la entrada y a la salida. En Dinamarca, para realizar el control de los contadores en servicio, una muestra de un 10 % de los mismos es calibrada cada tres o seis años, dependiendo de los resultados de calibraciones anteriores, lo que ha supuesto para un país con 5 millones de habitantes, un coste estimado de 1,5 millones de euros.

Añadiendo un sensor adicional de temperatura y un medidor del flujo a la salida, se hace posible el control continuo de las medidas de diferencia de temperaturas y flujo. Estas medidas adicionales y el control continuo, reducen las incertidumbres del cálculo de la energía consumida. Teniendo en cuenta esta medición más fiable de la energía térmica, el número de contadores muestreados necesarios para la comprobación de la conformidad se reduce del 10 % anterior a un 0,3 %. Esta reducción se determina utilizando modelos estadísticos avanzados de forma que se mantenga el mismo nivel de confianza en el control de los contadores.

El ahorro que supone esta reducción del número de contadores para el control de la conformidad en una población de 100 millones de habitantes, se estima en 30 millones de euros anuales. Otros beneficios de esta “solución inteligente” son la disminución de fallos en los contadores debidos a la necesidad de manipular menos unidades, menos trastornos a los usuarios y, por tanto, mejor protección al consumidor.

4.6 SEGURIDAD ALIMENTARIA

¿Están las gambas (camarones) en buen estado para poder comerlas?

La comprensión de las mediciones es importante.

Dos estados miembros de la Unión Europea importaron gambas congeladas de un tercer país procedentes de la misma remesa. Antes de entrar en la Unión Europea, las gambas fueron analizadas para detectar residuos del antibiótico cloroanfenicol, que puede causar cáncer y reacciones alérgicas. Tras una adecuada inspección en los puertos de entrada de ambos estados, se permitió la entrada de dichas gambas en el primero, mientras que el segundo se la negó, destruyendo finalmente las gambas con un coste de alrededor de 1 millón de euros.

El puerto del primer estado miembro realizó la inspección usando la técnica de cromatografía de líquidos (LC) con un límite de detección de 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$. En el segundo, la inspección se realizó con un equipo de cromatografía de líquidos más avanzado, que llevaba asociado un espectrómetro de masas (LC-MS), con un límite de detección de 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

En ese momento, no existía un límite máximo especificado en el reglamento europeo 2377/90 sobre control de residuos en los productos alimentarios, lo que significaba que se aplicaba la “tolerancia cero” por las autoridades de inspección; en la práctica esto significa que los residuos debían ser indetectables por el método empleado. Obviamente cuanto más sensible sea el método de detección, más probable será que los residuos se detecten; por el contrario, un instrumento de poca resolución no detectará residuos salvo en grandes concentraciones y, por consiguiente, no habría un límite definido para la evaluación de la conformidad.

Este ejemplo ilustra que, en la seguridad alimentaria y en algunas otras áreas, tanto la metrología como la tecnología son importantes y que, en todos los casos, es necesario establecer límites máximos exentos de ambigüedad para asegurar a los consumidores una protección efectiva, justa y uniforme. La metrología debe ser tomada en cuenta no solo en la evaluación de la conformidad sino también durante el desarrollo de la legislación.

4.7 TRATAMIENTO DEL CÁNCER

El papel crucial de las mediciones en el tratamiento del cáncer

En Europa, entre un 25 % y un 33 % de los ciudadanos sufrirán cáncer en algún momento de su vida. La radioterapia es usada para tratar un tercio de los pacientes. La clave de un tratamiento efectivo radica en proporcionar la dosis correcta de radiación lo más cerca posible del tumor. Si la dosis es demasiado pequeña, el tratamiento es ineficaz y si es demasiado grande o no es preciso su direccionamiento, el paciente puede sufrir efectos colaterales innecesarios y desagradables. Por lo tanto, la medición exacta de la dosis de radiación proporcionada por el equipamiento hospitalario es el fundamento de este tipo de tratamientos.

Se han producido avances técnicos significativos en los equipos usados para generar haces de radiación ionizante para el tratamiento del cáncer, de forma que, en la actualidad, la radiación puede estar formada por múltiples haces finos que permiten bombardear el tumor de forma muy precisa, lo que mejora el tratamiento. De todas formas, los nuevos tipos de instrumentos no pueden ser p. ej. calibrados de acuerdo con los procedimientos establecidos en el Reino Unido, ya que no generan los haces de referencia de 10 cm x 10 cm necesarios para realizar la calibración. Por tanto existe una necesidad de nuevos métodos de medida trazables para caracterizar la salida de los nuevos equipos, tales como los instrumentos de tomoterapia helicoidal, de forma que éstos puedan alcanzar los estándares requeridos para el equipamiento de radioterapia convencional.

Científicos del Instituto Nacional de Metrología del Reino Unido han concebido y validado un novedoso método para calibrar la salida de los instrumentos de tomoterapia. Los dosímetros de alanina fueron introducidos originalmente en las plantas de radiación pero, utilizados en radioterapia, alcanzan mayor exactitud y resolución espacial que los instrumentos convencionales. Esto ha permitido a los pacientes y a los profesionales médicos hacer uso de una nueva tecnología con confianza en la seguridad, fiabilidad y efectividad del tratamiento dispensado.

4.8 EMISIONES DE AVIONES

La mejora en el control de los tratamientos térmicos de los componentes de los motores de los aviones puede conllevar una reducción en sus emisiones.

La metrología de alta temperatura padece la falta de patrones de referencia por encima de 1100 °C, lo que provoca que las incertidumbres en este rango sean mucho mayores que las alcanzadas a bajas temperaturas.

Muchos procesos industriales y maquinaria operan a alta temperatura. La necesidad de medidas más exactas en alta temperatura se ha incrementado debido a que la eficiencia energética se ha convertido en algo importante y a que los nuevos procesos de fabricación han introducido requerimientos con tolerancias de fabricación más exigentes. Los motores de los aviones trabajan de forma más eficiente y producen menos emisiones cuando funcionan a alta temperatura, pero esto exige tratamientos térmicos de sus componentes por encima de 1300 °C. Si la temperatura del tratamiento difiere demasiado de la temperatura óptima, el componente puede resultar inadecuado y podría ser desechado. Los tratamientos son controlados mediante termopares que se calibran respecto a materiales con puntos de fusión o solidificación conocidos, los llamados puntos fijos. La dificultad estriba en que, hasta el momento, no existen puntos fijos con bajas incertidumbres en la región de la alta temperatura.

Diversos institutos nacionales de metrología (INM) en el mundo están trabajando conjuntamente para desarrollar y caracterizar nuevos puntos fijos utilizando mezclas de metales y grafito en composiciones conocidas como mezclas eutécticas metal-carbono. Utilizando distintos tipos de elementos se espera poder desarrollar nuevos puntos fijos de referencia hasta 2500 °C. Estudios a 1300 °C muestran que es posible reducir la incertidumbre de los termopares usados para controlar los tratamientos térmicos a valores inferiores a 1 °C. En estos momentos varios INM están trabajando con la industria para verificar este método en procesos industriales.

4.9 LA DIRECTIVA IVD

La implementación de la directiva IVD conducirá a ahorros significativos.

La directiva de diagnóstico in vitro (IVD) exige que los análisis llevados a cabo en laboratorios de hospitales y clínicas médicas sean “trazables a un método de referencia o a materiales de referencia de orden superior”. Uno de los beneficios de la implementación completa de esta directiva es que los análisis no tendrán que ser repetidos innecesariamente lo que significa un ahorro en el gasto sanitario de al menos 25 euros per cápita, o lo que es igual, 125 millones de euros para un país de cinco millones de habitantes.

El coste de análisis médicos redundantes se estima que supone de un 15 % a un 33 % del gasto total de un laboratorio médico. En un laboratorio moderno el coste típico es del orden del 7,9 % del tratamiento médico, siendo los tratamientos un tercio del coste sanitario total, lo que es considerable para muchos países por ejemplo en Dinamarca, supone el 8,3 % del PIB.

En el caso de Dinamarca, la implementación de la directiva IVD ha llevado a la disminución de los análisis redundantes. No obstante, cuando esta directiva entró en vigor el 1 de noviembre de 2003, la infraestructura metrológica no estaba disponible para ofrecer trazabilidad a una fracción significativa de los más de 800 análisis que se realizan en química clínica. Con objeto de aunar esfuerzos para llevar a cabo las investigaciones y desarrollos necesarios, el CIPM estableció un Comité Conjunto para Medicina de Laboratorio (JCTLM) que reúne a todas las partes interesadas de la industria, académicas y a los institutos nacionales de metrología. Los resultados de sus trabajos se registran en una base de datos especial dentro de la base de datos de las comparaciones claves (KCDB) del BIPM.

5. UNIDADES DE MEDIDA

La idea inicial del sistema métrico, como un sistema de unidades basado en el metro y el kilogramo, surgió durante la Revolución Francesa, cuando se construyeron dos artefactos patrones de referencia de platino, para el metro y el kilogramo, y se depositaron en el Archivo Nacional Francés de París en 1799 - más tarde serían conocidos como el Metro de los Archivos y el Kilogramo de los Archivos. La Academia Francesa de Ciencias fue la encargada, por la Asamblea Nacional, de diseñar un nuevo sistema de unidades para ser usado en todo el mundo^{NT14} y, en 1946, el *sistema MKSA* (metro, kilogramo, segundo, amperio) fue aceptado por los países de la Convención del Metro. En 1954, el sistema MKSA se amplió para incluir el kelvin y la candela. El sistema asumió entonces el nombre de Sistema Internacional de Unidades, SI (Le Système International d'Unités).

El **sistema SI** fue establecido en 1960 por la 11^a Conferencia General de Pesas y Medidas, CGPM:

"El Sistema Internacional de Unidades, SI, es el sistema coherente de unidades adoptado y recomendado por la CGPM".

En la 14^a CGPM, en 1971, el SI fue ampliado de nuevo al añadir el mol como unidad básica para la cantidad de sustancia. El sistema SI está compuesto en la actualidad por siete unidades básicas que, junto con las unidades derivadas, forman un sistema coherente de unidades. Además, otras unidades fuera del sistema SI se aceptan para su uso con unidades del SI.

Las Tablas de unidades (Tabla 3 a Tabla 9) incluidas a continuación, muestran lo siguiente:

Unidades del SI

| | |
|---------|--|
| Tabla 3 | Unidades SI básicas |
| Tabla 4 | Unidades SI derivadas, expresadas en unidades SI básicas |
| Tabla 5 | Unidades SI derivadas, con nombres y símbolos especiales |
| Tabla 6 | Unidades SI derivadas, cuyos nombres y símbolos incluyen unidades SI derivadas con nombres y símbolos especiales |

Unidades fuera del SI

| | |
|---------|--|
| Tabla 7 | Unidades aceptadas por su amplia utilización |
| Tabla 8 | Unidades utilizadas en áreas temáticas específicas |
| Tabla 9 | Unidades que se utilizan en temas específicos, cuyos valores se determinan experimentalmente |

^{NT14} Bajo el lema "para todos los pueblos y para todos los tiempos"

Tabla 3. Unidades SI básicas [2]

| MAGNITUD | UNIDAD BÁSICA | SÍMBOLO |
|-----------------------------------|---------------|---------|
| longitud | metro | m |
| masa | kilogramo | kg |
| tiempo | segundo | s |
| Intensidad de corriente eléctrica | amperio | A |
| temperatura termodinámica | kelvin | K |
| cantidad de sustancia | mol | mol |
| intensidad luminosa | candela | cd |

Tabla 4: Ejemplos de unidades SI derivadas, expresadas en unidades SI básicas [2]

| MAGNITUD DERIVADA | UNIDAD DERIVADA | SÍMBOLO |
|---|------------------------------|-------------------------------------|
| superficie | metro cuadrado | m ² |
| volumen | metro cúbico | m ³ |
| velocidad | metro por segundo | m·s ⁻¹ |
| aceleración | metro por segundo cuadrado | m·s ⁻² |
| velocidad angular | radián por segundo | rad·s ⁻¹ |
| aceleración angular | radián por segundo cuadrado | rad·s ⁻² |
| densidad | kilogramo por metro cúbico | kg·m ⁻³ |
| intensidad de campo magnético (densidad de corriente lineal) | amperio por metro | A·m ⁻¹ |
| densidad de corriente | amperio por metro cuadrado | A·m ⁻² |
| momento de fuerza | newton metro | N·m |
| intensidad de campo eléctrico | voltio por metro | V·m ⁻¹ |
| permeabilidad | henrio por metro | H·m ⁻¹ |
| permitividad | faradio por metro | F·m ⁻¹ |
| capacidad calorífica específica | julio por kilogramo y kelvin | J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹ |
| concentración (de cantidad de sustancia) | mol por metro cúbico | mol·m ⁻³ |
| luminancia | candela por metro cuadrado | cd·m ⁻² |

5.1 UNIDADES SI BÁSICAS

Una unidad básica es una unidad de medida de una magnitud básica, en un sistema determinado de magnitudes [4]. La definición y realización de cada unidad básica del SI se modifica conforme la investigación metrológica va descubriendo la posibilidad de lograr una definición y realización más exacta de la unidad.

Ejemplo: En 1889 la definición del metro se basó en el prototipo internacional de platino-iridio, ubicado en París. En 1960, el metro fue redefinido como 1 650 763,73 longitudes de onda de una línea espectral específica del kriptón 86. En 1983, esta definición se había vuelto insuficiente y se decidió redefinir el metro como la longitud del trayecto recorrido por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de 1/299 792 458 de segundo, y materializándose mediante la longitud de onda de la radiación de un láser de helio-neón estabilizado sobre Iodo. Estas redefiniciones han reducido la incertidumbre relativa de 10^{-7} a 10^{-11} .

Definiciones de las unidades SI básicas

El metro es la longitud del trayecto recorrido en el vacío por la luz durante un tiempo de 1/299 792 458 de segundo

El kilogramo es la unidad de masa; es igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo.

El segundo es la duración de 9 192 631 770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.

El amperio es la intensidad de una corriente constante que, manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de 1 metro uno del otro, en el vacío, produciría entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud.

El kelvin, unidad de temperatura termodinámica, es la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.

El mol es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 kilogramos de carbono-12; su símbolo es el "mol". Cuando se emplee el mol, deben especificarse las entidades elementales, que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones, u otras partículas o grupos especificados de tales partículas.

La candela es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hercios y cuya intensidad energética en dicha dirección es de 1/683 vatios por estereorradián.

Tabla 5: Unidades SI derivadas con nombres y símbolos especiales [2]

| MAGNITUD DERIVADA | UNIDAD SI DERIVADA Nombre especial | SÍMBOLO Símbolo Especial | Expresión en UNIDADES SI | Expresión en UNIDADES SI BÁSICAS |
|---|--|------------------------------------|---------------------------------|--|
| ángulo plano | radián | rad | -- | $m \cdot m^{-1} = 1$ |
| ángulo sólido | estereorradián | sr | -- | $m^2 \cdot m^{-2} = 1$ |
| frecuencia | hercio | Hz | -- | s^{-1} |
| fuerza | newton | N | -- | $m \cdot kg \cdot s^{-2}$ |
| presión, tensión | pascal | Pa | N/m^2 | $m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$ |
| energía, trabajo, cantidad de calor | julio | J | $N \cdot m$ | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$ |
| potencia, flujo radiante | vatio | W | J/s | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$ |
| cantidad de electricidad, carga eléctrica | culombio | C | -- | $s \cdot A$ |
| diferencia de potencial eléctrico, fuerza electromotriz | voltio | V | W/A | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$ |
| capacidad eléctrica | faradio | F | C/V | $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$ |
| resistencia eléctrica | ohmio | Ω | V/A | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$ |
| conductancia eléctrica | siemens | S | A/V | $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$ |
| flujo magnético | weber | Wb | $V \cdot s$ | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ |
| densidad de flujo magnético | tesla | T | Wb/m ² | $kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ |
| inductancia | henrio | H | Wb/A | $m^{+2} \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$ |
| temperatura Celsius | grado Celsius | °C | | K |
| flujo luminoso | lumen | lm | cd · sr | $m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd =$ cd |
| iluminancia | lux | lx | lm/m ² | $m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd =$ $m^{-2} \cdot cd$ |
| actividad (de un radionucléido) | becquerel | Bq | -- | s^{-1} |
| dosis absorbida, energía másica (comunicada), kerma | gray | Gy | J/kg | $m^2 \cdot s^{-2}$ |
| dosis equivalente, índice de dosis equivalente | sievert | Sv | J/kg | $m^2 \cdot s^{-2}$ |
| actividad catalítica | katal | kat | -- | $s^{-1} \cdot mol$ |

5.2 UNIDADES SI DERIVADAS

Una unidad derivada es una unidad de medida de una magnitud derivada en un sistema dado de magnitudes [4].

Las unidades SI derivadas derivan de las unidades SI básicas, de acuerdo con la conexión física existente entre las magnitudes.

Ejemplo: A partir de la conexión física existente entre:
la magnitud longitud, medida en la unidad m, y
la magnitud tiempo, medida en la unidad s,
se deriva la magnitud velocidad medida en la unidad m/s.

Las unidades derivadas se expresan en unidades básicas por medio de los símbolos matemáticos de multiplicación y división. Se dan ejemplos en la Tabla 4.

La CGPM ha aprobado los nombres y símbolos especiales para algunas unidades derivadas, como se muestra en la Tabla 5.

Algunas unidades básicas se utilizan en magnitudes diferentes, como se muestra en la Tabla 6. Una unidad derivada se puede a menudo expresar con diferentes combinaciones de 1) unidades básicas y 2) unidades derivadas con nombres especiales. En la práctica hay una preferencia por nombres de unidades especiales y combinaciones de unidades, con el fin de distinguir aquellas magnitudes diferentes que tienen la misma dimensión.

Por tanto, un instrumento de medida debe indicar tanto la unidad, como la magnitud medida por el instrumento.

Tabla 6: Ejemplos de unidades SI derivadas, cuyos nombres y símbolos incluyen unidades SI derivadas con nombres y símbolos especiales [2]

| MAGNITUD DERIVADA | UNIDAD DERIVADA | SÍMBOLO | Expresión en UNIDADES SI BÁSICAS |
|--|------------------------------|--------------------|--|
| viscosidad dinámica | pascal segundo | Pa · s | $m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$ |
| momento de una fuerza | newton metro | N · m | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$ |
| tensión superficial | newton por metro | N/m | $kg \cdot s^{-2}$ |
| velocidad angular | radián por segundo | rad/s | $m \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} = s^{-1}$ |
| aceleración angular | radián por segundo cuadrado | rad/s ² | $m \cdot m^{-1} \cdot s^{-2} = s^{-2}$ |
| densidad superficial de flujo térmico, irradiancia | vatio por metro cuadrado | W/m ² | $kg \cdot s^{-3}$ |
| capacidad térmica, entropía | julio por kelvin | J/K | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$ |
| capacidad térmica másica, entropía másica | julio por kilogramo y kelvin | J/(kg · K) | $m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$ |
| energía másica | julio por kilogramo | J/kg | $m^2 \cdot s^{-2}$ |
| conductividad térmica | vatio por metro y kelvin | W/(m · K) | $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$ |
| densidad de energía | julio por metro cúbico | J/m ³ | $m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$ |
| intensidad campo eléctrico | voltio por metro | V/m | $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$ |
| densidad de carga eléctrica | culombio por metro cúbico | C/m ³ | $m^{-3} \cdot s \cdot A$ |
| densidad de carga superficial | culombio por metro cuadrado | C/m ² | $m^{-2} \cdot s \cdot A$ |
| densidad flujo eléctrico | | | |
| desplazamiento eléctrico | | | |
| permitividad | farad por metro | F/m | $m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$ |
| permeabilidad | henrio por metro | H/m | $m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$ |
| energía molar | julio por mol | J/mol | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$ |
| entropía molar, capacidad calorífica molar | julio por mol y kelvin | J/(mol · K) | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$ |
| exposición (rayos x y γ) | culombio por kilogramo | C/kg | $kg^{-1} \cdot s \cdot A$ |
| tasa de dosis absorbida | gray por segundo | Gy/s | $m^2 \cdot s^{-3}$ |
| intensidad radiante | vatio por estereorradián | W/sr | $m^4 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$ |
| concentración catalítica (actividad) | katal por metro cúbico | kat/m ³ | $m^{-3} \cdot s^{-1} \cdot mol$ |

5.3 UNIDADES FUERA DEL SI

La tabla 7 muestra las unidades fuera del SI que se aceptan para su uso junto con las unidades del SI, debido a que son ampliamente utilizadas o porque se utilizan en áreas temáticas específicas.

La tabla 8 presenta ejemplos de unidades fuera del SI que se aceptan para su uso en determinadas áreas temáticas.

La tabla 9 indica las unidades fuera del SI, que son aceptadas para su uso en áreas temáticas específicas y cuyo valor está determinado experimentalmente.

Los dos últimos dígitos del número entre paréntesis representan la incertidumbre combinada (factor de cobertura $k=1$).

Tabla 7: Unidades fuera del SI en uso o aceptadas con el Sistema Internacional de Unidades [2]

| MAGNITUD | UNIDAD | SIMBOLO | VALOR EN UNIDADES SI |
|--------------|------------------|---------|---|
| tiempo | minuto | min | 1 min = 60 s |
| | hora | h | 1 h = 60 min = 3600 s |
| | día | d | 1 d = 24 h = 86 400 s |
| ángulo plano | grado | ° | 1° = $(\pi/180)$ rad |
| | minuto | ' | 1' = $(1/60)^\circ = (\pi/10\ 800)$ rad |
| | segundo | " | 1" = $(1/60)'$ = $(\pi/648\ 000)$ rad |
| | grado centesimal | gon | 1 gon = $(\pi/200)$ rad |
| superficie | hectárea | ha | 1 ha = 1 hm ² = 10 ⁴ m ² |
| volumen | litro | l, L | 1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³ |
| masa | tonelada | t | 1 t = 10 ³ kg |

Tabla 8: Unidades fuera del SI aceptadas para uso en áreas temáticas específicas [2]

| MAGNITUD | UNIDAD | SIMBOLO | VALOR EN UNIDADES SI |
|----------------------------|-----------------------|---------|---------------------------------|
| presión | bar | bar | 1 bar = 100 kPa = 10^5 Pa |
| presión sanguínea | milímetro de mercurio | mmHg | 1 mmHg = 133 322 Pa |
| longitud | ångström | Å | 1 Å = 0,1 nm = 10^{-10} m |
| distancia | milla náutica | M | 1 M = 1852 m |
| área, superficie (sección) | barn | b | 1 b = 10^{-28} m ² |
| velocidad | nudo | kn | 1 kn = (1852/3600) m/s |

Tabla 9: Unidades fuera del SI que son aceptadas en áreas temáticas específicas y cuyos valores están determinados experimentalmente [2]

| MAGNITUD | UNIDAD | SIMBOLO | DEFINICIÓN | VALOR EN UNIDADES SI ^{NT15} |
|----------|----------------------------------|---------|---|--|
| energía | electrón-voltio | eV | 1 eV es la energía cinética adquirida por un electrón al atravesar una diferencia de potencial de 1 V en el vacío | 1 eV = 1,602 176 53 (14) · 10^{-19} J |
| masa | unidad de masa atómica unificada | u | 1 u es igual a 1/12 de la masa en reposo de un átomo neutro de Carbono 12 en el estado fundamental | 1 u = 1,660 538 86 (28) · 10^{-27} kg |
| longitud | unidad astronómica | ua | | 1 ua = 1,495 978 706 91(6) · 10^{11} m |

NT15 Los valores suministrados por CODATA 2006 son los siguientes:

1 eV = 1,602 176 487 (40) x 10^{-19} J
 1 u = 1,660 538 782 (83) x 10^{-27} kg
 1 ua = 1,495 978 706 9 1(6) x 10^{11} m

5.4 PREFIJOS SI

La CGPM ha adoptado y recomendado una serie de prefijos descritos en la Tabla 10.

Reglas para el uso correcto de los prefijos:

1. Los prefijos se refieren estrictamente a potencias de 10 (no a potencias de 2).

Por ejemplo: un kilobit representa 1000 bits no 1024 bits

2. Los prefijos no se pueden separar del símbolo de la unidad a la que pertenecen.

Por ejemplo: el centímetro se escribe cm no c m

3. No se deben utilizar prefijos compuestos, es decir formados por la yuxtaposición de varios prefijos.

Por ejemplo: 10^{-6} kg debe escribirse como 1 mg no 1 μ kg

4. Un prefijo no debe ser nunca escrito solo.

Por ejemplo: $10^9/m^3$ no debe escribirse como G/m³

Tabla 10: Prefijos SI [2]

| FACTOR | PREFIJO | SÍMBOLO | FACTOR | PREFIJO | SÍMBOLO |
|-----------|---------|---------|------------|---------|---------|
| 10^1 | deca | da | 10^{-1} | deci | d |
| 10^2 | hecto | h | 10^{-2} | centi | c |
| 10^3 | kilo | k | 10^{-3} | mili | m |
| 10^6 | mega | M | 10^{-6} | micro | μ |
| 10^9 | giga | G | 10^{-9} | nano | n |
| 10^{12} | tera | T | 10^{-12} | pico | p |
| 10^{15} | peta | P | 10^{-15} | femto | f |
| 10^{18} | exa | E | 10^{-18} | atto | a |
| 10^{21} | zetta | Z | 10^{-21} | zepto | z |
| 10^{24} | yotta | Y | 10^{-24} | yocto | y |

5.5 ESCRITURA DE LOS NOMBRES Y SÍMBOLOS DE LAS UNIDADES SI

1. Los símbolos se escriben en minúscula, pero la primera letra de un símbolo se escribe con mayúsculas si:
 - 1) el nombre de la unidad procede del nombre de una persona o
 - 2) el símbolo es el comienzo de una frase.

Ejemplo: La unidad kelvin se escribe como el símbolo K.

2. Los símbolos deben permanecer invariables en plural, - no se añade una "s".
3. Los símbolos no van seguidos de un punto, salvo que se encuentren situados al final de una frase.
4. Las unidades combinadas por multiplicación de varias unidades deben escribirse con un punto a media altura entre los símbolos de las unidades, o con un espacio.

Ejemplo: N·m o N m

5. Las unidades combinadas por la división de dos unidades deben escribirse con una barra de división entre los símbolos o con un exponente negativo.

Ejemplo: m/s o m·s⁻¹

6. Las unidades combinadas sólo deben incluir una barra diagonal como símbolo de división. No obstante, se permite el uso de paréntesis o exponentes negativos para las combinaciones complejas.

Ejemplo: m/s² o m·s⁻² pero no m/s/s

Ejemplo: m·kg/(s³·A) o m·kg·s⁻³·A⁻¹ pero nunca m·kg/s³/A ni m·kg/s³·A

7. Los símbolos deben estar separados de sus valores numéricos por un espacio.

Ejemplo: 5 kg no 5kg

8. Los símbolos y los nombres de las unidades no deben mezclarse

Notación numérica

1. Debe dejarse un espacio entre grupos de 3 dígitos, tanto a la izquierda como a la derecha de la coma (15 739,012 53). En números de cuatro dígitos puede omitirse dicho espacio. La coma no debe usarse como separador de los miles.
2. Las operaciones matemáticas solo deben aplicarse a los símbolos de las unidades (kg/m^3), no a los nombres de éstas (kilogramo/metro cúbico).
3. Debe estar perfectamente claro a qué símbolo de unidad pertenece el valor numérico y qué operación matemática se aplica al valor de la magnitud:

Ejemplos: 35 cm x 48 cm no 35 x 48 cm 100 g \pm 2 g no 100 \pm 2g

6. GLOSARIO

[x] se refiere al nº de referencia dado en el capítulo 8.

Acuerdo de Reconocimiento Mutuo CIPM - Acuerdo sobre patrones nacionales de medida y sobre certificados de medida y calibración expedidos por los Institutos Nacionales de Metrología, véase capítulo 3.1.2.

Acuerdo de Reconocimiento Mutuo ILAC - véase capítulo 3.1.7.

Ajuste de un instrumento de medida - Conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medida para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir. [4]

Aleatorio (error de medida) – Componente del error de medida que, en mediciones repetidas varía de manera impredecible [4]

AFRIMETS, Intra-Africa metrology System . Véase capítulo 3.5.1

ARM - Véase Acuerdo de Reconocimiento Mutuo CIPM

APEC - *Asia-Pacific Economic Cooperation*.

APLAC - *Asia-Pacific Laboratory Accreditation Cooperation*, véase capítulo 3.4.2

APLMF - *Asia-Pacific Legal Metrology Forum*, véase capítulo 3.4.3

APMP - *Asia-Pacific Metrology Programme*, véase capítulo 3.4.1.

Aprobación de modelo CEE - Véase capítulo 2.2.2.

Artefacto - Objeto construido por el hombre. Ejemplos de artefactos para la realización de medidas son una pesa o una vara de medir.

BIPM - Base de datos de comparaciones clave (KCDB), véase capítulo 3.1.2.

BIPM, Bureau International des Poids et Mesures - véase capítulo 3.1.1.

BEV, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Instituto Nacional de Metrología de Austria

BIM, Bulgarian Institute for Metrology, Instituto Nacional de Metrología de Bulgaria

BOM, Bureau of Metrology, Instituto Nacional de Metrología de la República de Macedonia

BPL, Buenas Prácticas de Laboratorio (en inglés, GLP, *Good Laboratory Practice*) - Los Organismos de Acreditación aprueban los laboratorios de acuerdo con las reglas de buenas prácticas de laboratorio de la OCDE.

Cadena de Trazabilidad – Sucesiones de patrones y calibraciones que relacionan un resultado de medida con una referencia. [4]

Calibración - Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación existente entre los valores de la magnitud con incertidumbres de medida proporcionados por patrones de medida o materiales de referencia certificados y las indicaciones correspondientes con las incertidumbres de medida asociadas del instrumento de medida, sistema de medición o material de referencia bajo ensayo. [4]

CCAUV, Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibrations - Comité Consultivo del BIPM sobre Acústica, Ultrasonido y Vibraciones, establecido en 1998.

CCEM, *Consultative Committee for Electricity and Magnetism* - Comité Consultivo del BIPM sobre Electricidad y Magnetismo, establecido en 1927.

CCL, *Consultative Committee for Length* - Comité Consultivo del BIPM sobre Longitud, establecido en 1952.

CCM, *Consultative Committee for Mass and related quantities* - Comité Consultivo del BIPM sobre Masa y magnitudes relacionadas, establecido en 1980.

CCPR, *Consultative Committee for Photometry and Radiometry* - Comité Consultivo del BIPM sobre Fotometría y Radiometría, establecido en 1933.

CCQM, *Consultative Committee for Amount of Substance, Metrology in chemistry* - Comité Consultivo del BIPM sobre la Cantidad de Sustancia y Metrología en Química, establecido en 1993.

CCRI *Consultative Committee for Ionising Radiation* - Comité Consultivo del BIPM sobre Radiaciones Ionizantes, establecido en 1958.

CCT *Consultative Committee for Thermometry* - Comité Consultivo del BIPM sobre Termometría, establecido en 1937.

CCTF *Consultative Committee for Time and Frequency* - Comité Consultivo del BIPM sobre Tiempo y Frecuencia, establecido en 1956.

CCU *Consultative Committee for Units* - Comité Consultivo del BIPM sobre Unidades, establecido en 1964.

CE (marcado) - Véase capítulo 2.2.3.

CEM Centro Español de Metrología - Instituto Nacional de Metrología de España.

CEN *Comité Européene de Normalisation* - Comité Europeo de Normalización.

Certificado de Calibración - Los resultados de una calibración quedan registrados en un documento a veces denominado Certificado de Calibración o Informe de Calibración. [5]

CGPM, *Conférence Générale des Poids et Mesures* - Conferencia General de Pesas y Medidas. Reunida por primera vez en 1889. Se reúne cada cuatro años. Véase capítulo 3.1.1.

CIPM, *Comité Internationale des Poids et Mesures* - Comité Internacional de Pesas y Medidas. Véase capítulo 3.1.1.

CIPM ARM (en inglés MRA) - véase Acuerdo de Reconocimiento Mutuo CIPM.

Clase de exactitud - Clase de instrumentos de medida que, cumpliendo ciertos requisitos metroológicos establecidos, mantienen sus errores dentro de ciertos límites especificados bajo condiciones dadas. [4]

CMC - Capacidades de Medida y Calibración, véase capítulo 3.1.2.

CMI, Czech Metrology Institute - Instituto Nacional de Metrología de la República Checa.

Comités Conjuntos del BIPM, véase capítulo 3.1.1

Conferencia General de Pesas y Medidas - Véase CGPM.

Constante del instrumento - Coeficiente por el que hay que multiplicar la indicación directa de un instrumento de medida para obtener el valor indicado del mensurando o de una magnitud a utilizar en el calculo del valor del mensurando. [5]

COOMET, *Euro-Asian cooperation of national metrological institutions* - Cooperación de las instituciones metroológicas nacionales euro-asiáticas, véase capítulo 3.2.6.

Corrección - Valor sumado algebraicamente al resultado sin corregir de una medición para compensar un error sistemático. [5]

Deriva instrumental - Variación continua o incremental a lo largo del tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas de un instrumento de medida. [4]

Desviación típica experimental - Parámetro de una serie de mediciones que caracteriza la dispersión de los resultados y que viene dado por la fórmula de la desviación típica. [5]

Desviación - Diferencia entre un valor y su valor de referencia. [5]

Detector - Dispositivo o sustancia que indica la presencia de un fenómeno, cuerpo o sustancia cuando se excede un valor umbral, sin que necesariamente proporcione un valor de una magnitud asociada. Ej. papel tornasol. [4]

DFM, Dansk Institut for Fundamental Metrology - Instituto Nacional de Metrología de Dinamarca.

Dispositivo de transferencia - La denominación “dispositivo de transferencia” se emplea cuando el intermediario en la comparación de otros patrones no es un patrón. [5]

DMDM, Directorate of Measures and Precious Metals, - Instituto Nacional de Metrología de Serbia.

DPM, General Directorate of Metrology, - Instituto Nacional de Metrología de Albania.

DZM, State Office for Metrology, - Instituto Nacional de Metrología de Croacia.

EA European Co-operation for Accreditation - Formada mediante la fusión de la EAL (European Co-operation for Accreditation of Laboratories) y la EAC (European Accreditation of Certification) en Noviembre de 1997. Véase capítulo 3.2.2.

EAC - Véase EA.

EAL - Véase EA.

EIM, Hellenic Institute of Metrology, - Instituto Nacional de Metrología de Grecia.

e-marcado - véase capítulo 2.2.3.

Ensayo - Procedimiento técnico consistente en determinar una o más características de un producto, proceso o servicio dado, según un procedimiento especificado. [5]

EPTIS, European Proficiency Testing Information System - véase enlaces en el capítulo 7.

Error aleatorio absoluto componente del error de medida que, en mediciones repetidas, varía de manera impredecible

Error absoluto de medida – Cuando sea necesario hacer la distinción entre “error” y “error relativo”, el primero se denomina a veces “error absoluto de medida” [5]

Error máximo permitido (de un instrumento de medida) - Valores extremos para un error de medida con respecto al valor de una magnitud de referencia conocida permitido por especificaciones, reglamentos, etc., para una medida, instrumento de medida o sistema de medida dado. [4]

Error relativo - Cociente entre el error de medida de una medición y el verdadero valor del mensurando. [5]

Error sistemático (de un instrumento de medida) - Componente del error de medida que, en mediciones repetidas permanece constante o varía de forma predecible. [4]

Escala (Rango de) - Conjunto de valores comprendido entre las indicaciones extremas de un instrumento de medida analógico. [5]

Escala (división de) - Parte de una escala comprendida entre dos marcas consecutivas.

Escala (longitud de una división de) - Distancia entre dos trazos consecutivos, medida a lo largo de la misma línea que para la longitud de escala. [5]

Estabilidad - Propiedad de un instrumento de medida para mantener constantes sus características metrológicas a lo largo del tiempo. [4]

Estímulo - La señal de entrada de un sistema de medida suele denominarse estímulo y la señal de salida respuesta. [5]

Eurachem - Véase capítulo 3.2.5.

EUROLAB - Cooperación en el ámbito voluntario entre los laboratorios de calibración y de ensayo europeos. Véase capítulo 3.2.4.

EURAMET - Asociación Europea de institutos nacionales de metrología. Véase capítulo 3.2.1.

Evaluación de la Conformidad - Actividad que consiste en mostrar que se cumplen los requisitos específicos relativos a un producto, proceso, sistema, persona u organismo, en ensayos, inspección, certificación de productos y de personal y en sistemas de gestión.

Exactitud de medida - Grado de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando. [5]

Exactitud de un instrumento de medida - Capacidad de un instrumento de medida para dar respuestas próximas a un valor verdadero. [4]

Factor de cobertura – Es un número mayor que uno por el que se multiplica la incertidumbre típica combinada para obtener la incertidumbre expandida de medida, Véase capítulo 2.1.7.

Factor de corrección - Factor por el que hay que multiplicar el resultado de medida no corregido, para compensar un error sistemático. [5]

GUM, *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* - Guía para la expresión de la Incertidumbre de Medida. Publicada por BIPM, IEC, ISO, OIML, IFCC (*International Federation of Clinical Chemistry*), IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) e IUPAP (*International Union of Pure and Applied Physics*). [6].

GUM, método - véase capítulo 2.1.7.

GUM, *Central Office of Measures*, - Instituto Nacional de Metrología de Polonia.

Henry Tudor *CRP Henry Tudor*, - Instituto Nacional de Metrología de Luxemburgo.

Historial (de un equipo de medida) - Véase Historial de calibración.

Historial de calibración de un dispositivo de medida - Registro completo de los resultados de calibración de una pieza, artefacto o equipo de medida, durante un largo periodo de tiempo, que permite evaluar la estabilidad a largo plazo de la pieza, artefacto o equipo de medida.

IEC *International Electrotechnical Commission* - Comisión Electrotécnica Internacional.

ILAC *International Laboratory Accreditation Cooperation* - véase capítulo 3.1.7.

IMBiH *Institute of Metrology of Bosnia and Herzegovina*, - Instituto nacional de metrología de Bosnia y Herzegovina

Incertidumbre de medida - Parámetro no negativo, asociado al resultado de medida que caracteriza la dispersión de valores que pueden ser razonablemente atribuidos al mensurando, basado en la información utilizada. [4] La estimación de la incertidumbre de acuerdo con las directrices del documento GUM se suele aceptar [6].

Incertidumbre expandida - véase capítulo 2.1.7.

Indicación (de un instrumento de medida) - Valor de una magnitud proporcionado por un instrumento de medida o sistema de medida. [4]

Informe de calibración - Los resultados de una calibración quedan registrados en un documento a veces denominado Certificado de Calibración o Informe de Calibración. [5]

INM *National Institute of Metrology*, - Instituto nacional de metrología de Rumania

INRIM *Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica*, - Instituto nacional de metrología de Italia

Instituto Nacional de Metrología, INM (NMI en inglés) - Véase capítulo 3.1.3.

Instituto Designado – Un instituto designado por su INM o su gobierno nacional para establecer patrones nacionales específicos, y que suele participar en el ARM-CIPM. Véase capítulo 3.1.4

Intervalo de calibración - Intervalo de tiempo entre dos calibraciones consecutivas de un instrumento de medida.

Intervalo de medida - Módulo de la diferencia entre los dos límites de un rango nominal. [5]

IPQ *Instituto Português da Qualidade* - Instituto Nacional de Metrología de Portugal.

IRMM *Institute for Reference Materials and Measurements* - Instituto para Mediciones y Materiales de Referencia; Centro de Investigación conjunto perteneciente a la Comisión Europea.

ISO *International Organisation for Standardisation* - Organización Internacional de Normalización.

IUPAP *The International Union of Pure and Applied Physics* - Unión Internacional de Física Pura y Aplicada. Véase capítulo 3.1.9.

IUPAC *The International Union of Pure and Applied Chemistry*- Unión Internacional de Química Pura y Aplicada. Véase capítulo 3.1.10.

Justervesenet - Instituto Nacional de Metrología de Noruega.

Key comparison database BIPM (KCDB) - Base de datos de comparaciones

clave del BIPM, véase capítulo 3.1.2.

Laboratorio Acreditado - Laboratorio cuya competencia técnica, sistema de aseguramiento de la calidad e imparcialidad, han sido aprobados por tercera parte. Véase capítulo 3.1.5.

LNE *Laboratoire national de Métrologie et 'Essais*, - Instituto nacional de metrología de Francia

LNMC *State Agency Latvian National Metrology Center* - Instituto nacional de metrología de Letonia

Magnitud (dimensión de una) - Expresión de la dependencia de una magnitud en términos de las magnitudes de base, dentro de un sistema de magnitudes, como el producto de potencias de factores correspondientes a dichas magnitudes de base, omitiendo cualquier factor numérico. [4]

Magnitud (mensurable) - Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia. [4]

Magnitud básica – Magnitud de un subconjunto elegido por convenio, dentro de un sistema de magnitudes dados, de tal manera que ninguna magnitud del subconjunto pueda ser expresada en función de las otras. [4]

Magnitud de influencia - Magnitud que, en una medición directa, no afecta a la magnitud que realmente se está midiendo, pero si afecta a la relación entre la indicación y el resultado de medida. [4]

Magnitud derivada - Magnitud definida, en un sistema de magnitudes, como función de magnitudes básicas de dicho sistema. Véase capítulo 5.2 [4]

Magnitud (tipo) – Aspecto común a magnitudes mutuamente comparables [4]

Magnitud (valor) – Número y referencia que expresa conjuntamente la cantidad de una magnitud. Ej: la masa de un cuerpo dado [4]

Mantenimiento de un patrón de medida - Conjunto de medidas necesarias para preservar las características metroológicas de un patrón de medida dentro de límites apropiados. [4]

Marcado CE - Véase capítulo 2.2.3.

Material de referencia (MR) – Material suficientemente homogéneo y estable con respecto a propiedades especificadas, establecido como apto para su uso previsto en una medición o en un examen de propiedades cualitativas. [4]

Material de referencia certificado (MRC) - Material de referencia, acompañado por la documentación emitida por un organismo autorizado, que proporciona uno o varios valores de propiedades especificadas, con incertidumbre y trazabilidades asociadas, empleando procedimientos validos. [4].

Material de referencia primario - Material de referencia que posee las más altas cualidades metroológicas y cuyo valor se determina empleando un método primario. [3]

MBM *Montenegrin Bureau of Metrology*, - Instituto nacional de metrología de Montenegro

Medición – Proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud. Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar el valor de una magnitud. [4]

Medida (cadena de) - Serie de elementos de un sistema de medida, que constituye la trayectoria de la señal, desde el sensor hasta el elemento de salida. [4]

Medida (rango de) - Conjunto de valores del mensurando para los que el error del instrumento de medida se supone comprendido entre límites especificados. [5]

Medida (error de) – Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia. [4]

MEDA *Measures D'Accompagnement- Medidas de acompañamiento*

Países MEDA: Algeria, Chipre, Egipto, Jordania, Israel, Libano, Malta, Marruecos, Autoridad Palestina, Siria, Túnez y Turquía

Medida (instrumento de) - Dispositivo destinado a ser utilizado para la realización de medidas, solo o en conjunción con dispositivos adicionales. [4]

Medida (resultado de) – Conjunto de valores de una magnitud atribuidos a un mensurando, acompañados de cualquier otra información relevante disponible. [4]

Medida (sistema de) - Conjunto de uno o más instrumentos de medida y, frecuentemente, otros dispositivos, incluyendo reactivos e insumos varios, ensamblados y adaptados para proporcionar valores medidos dentro de intervalos especificados para magnitudes de naturalezas dadas. [4]

Medida (unidad de) - Véase Unidad de medida. Magnitud escalar real, definida y adoptada por convenio, con la que se puede comparar cualquier otra magnitud de la misma naturaleza para expresar la relación entre ambas mediante un número. [4]

Medida materializada - Instrumento o dispositivo destinado a reproducir o proporcionar, de forma permanente durante su uso, uno o más valores conocidos de una magnitud dada. Ejs.: una pesa, una medida de capacidad, un bloque patrón, o un material de referencia certificado. [4]

Medidas Preventivas (contrarias a las represivas)- Medidas empleadas en el control de mercado y tomadas antes de comercializar los instrumentos de medida, p.ej. el instrumento debe ser sometido a aprobación de modelo y a verificación, véase capítulo 2.2.3.

Medidas Represivas - Medidas empleadas en el control de mercado para revelar cualquier uso ilegal de los instrumentos de medida sometidos a metrología legal, véase capítulo 2.2.3.

Mensurando - Magnitud que se desea medir. [4]

METAS, *Swiss Federal Office of Metrology* - Instituto Nacional de Metrología de Suiza.

Método de medida - Secuencia lógica de operaciones, descritas de forma genérica, empleadas en la realización de mediciones. [4]

Metro (Convención del) – Tratado diplomático internacional establecido en 1875 con el propósito de asegurar un sistema global y uniforme de unidades de medida. En 2008, había 51 naciones miembros. Véase capítulo 3.1.1.

Metrología Científica - Se ocupa de organizar, desarrollar y mantener los patrones de medida. Véase capítulo 1.2.

Metrología - Derivada de la palabra griega “metron” = medida. La ciencia de las mediciones y sus aplicaciones. [4] Véase capítulo 1.1

Metrología Fundamental - No existe una definición internacional de la expresión “metrología fundamental” pero esta expresión se aplica al nivel más exacto de medición, dentro de una disciplina dada. Véase capítulo 1.2.

Metrología Industrial - Garantiza el funcionamiento apropiado de los instrumentos de medida utilizados en la industria, tanto en producción como en procesos de ensayo.

Metrología Legal - Garantiza la exactitud de la medición cuando los valores medidos pueden afectar a la salud, la seguridad o la transparencia de las transacciones comerciales. Véase capítulo 2.2.

Metroológico (Campo) - La Metrología se divide en 9 campos. Véase capítulo 2.1.1.

Metrosert, As Metroser, - Instituto Nacional de Metrología de Estonia

MID, The Measuring Instruments Directive - Directiva sobre Instrumentos de Medida. Véase capítulo 2.2.2.

MIKES, Centre for Metrology and Accreditation, - Instituto nacional de metrología de Finlandia

MIRS, Metrology Institute of the Republic of Slovenia - Instituto Nacional de Metrología de Eslovenia.

MKEH, Hungarian Trade Licensing Office, - Instituto nacional de metrología de Hungría.

MRA (ARM en español) - véase Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM).

MRC (CRM en inglés) - Material de referencia, acompañado por la documentación emitida por un organismo autorizado, que proporciona uno o varios valores de propiedades especificadas, con incertidumbre y trazabilidades asociadas, empleando procedimientos validos. [4].

MSA, Malta Standards Authority- National Metrology Services, - Instituto nacional de metrología de Malta

NEST Neytendastofa –, Instituto Nacional de Metrología de Islandia.

NIST National Institute of Standards and Technology –, Instituto Nacional de Metrología y Tecnología de USA.

NMI - Abreviatura inglesa de National Measurement Institute, utilizada habitualmente en la literatura para designar en general a un Instituto Nacional de Metrología de un país. Véase capítulo 3.1.3.

NMIA National Measurement Institute Australia, – Instituto Nacional de Metrología de Australia.

NMISAL National Metrology Institute of Sudafrica, - Instituto Nacional de Metrología de Sudáfrica.

NMI-VSL Nederlands Meetinstituut-Van Swinden Laboratorium - Instituto Nacional de Metrología de Holanda. ^{NT16}

NML National Metrology Laboratory, – Instituto Nacional de Metrología de la Republica de Irlanda.

Nominal (valor) - Véase Valor nominal.

Notificado (Organismo) - Véase capítulo 2.2.3.

NPL National Physical Laboratory - Instituto Nacional de Metrología del Reino Unido.

^{NT16}: desde el 1 de marzo de 2009 se conoce como VSL

NRC-INMS *National Research Council, Institute for National Measurement Standards* - Instituto Nacional de Metrología de Canadá.

OEA - Organización de Estados Americanos.

OIML, *Organisation Internationale de Métrologie Légale* - Organización Internacional de Metrología Legal.

Patrón combinado - Conjunto de medidas materializadas o instrumentos de medida similares que, mediante un uso combinado, conforman un patrón.

Patrón de medida (mantenimiento de un) - Conjunto de operaciones necesarias para mantener las características metrológicas de un patrón de medida dentro de los límites apropiados. [4]

Patrón de medida – Realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia. [4]

Patrón de medida (internacional) – Patrón de medida reconocido por los firmantes de un acuerdo internacional con la intención de ser utilizado mundialmente. Por ejemplo, el prototipo internacional del kilogramo [4]

Patrón de medida (nacional) - Patrón reconocido por una autoridad nacional para servir, en un Estado como base para la asignación de valores a otros patrones de magnitudes de la misma naturaleza . [4]

Patrón de Referencia – Patrón designado para la calibración de patrones de magnitudes de la misma naturaleza, en una organización o lugar dado. [4] Véase capítulo 2.1.2.

Patrón de trabajo - Patrón utilizado habitualmente para calibrar o verificar instrumentos o sistemas de medida,. [4]

Patrón de transferencia - Patrón empleado como intermediario en la comparación de otros patrones. [5]

Patrón - Véase patrón de medida.

Patrón Primario – Patrón establecido mediante un procedimiento de medida primario o creado como un objeto elegido por convenio. Patrón designado o ampliamente reconocido como poseedor de la más alta calidad metrológica y cuyo valor es aceptado sin referencia a otros patrones de la misma magnitud [4]. Véase capítulo 2.1.2.

Patrón Secundario – Patrón establecido por medio de una calibración respecto a un patrón primario de una magnitud de la misma naturaleza. [4]

Patrón Viajero - Patrón, a veces de construcción especial, destinado a ser transportado a diferentes lugares. Algunas veces se utiliza en comparaciones de patrones en lugares distintos. [4]

Prueba de capacidad (de un laboratorio) - Determinación de la capacidad de ensayo de un laboratorio mediante la comparación de ensayos realizados entre laboratorios

Primario (Método) - Método de la más alta calidad metrológica, que puede ser descrito y comprendido completamente, y del que puede proporcionarse un balance completo de incertidumbres en unidades SI, aceptándose los resultados logrados con su aplicación sin referencia a patrón alguno, para la magnitud bajo medición.

Principio de medida - Base científica de un método de medida. Fenómeno que sirve como base de una medición [4]

Procedimiento de medida – Descripción detallada de una medición conforme a uno o más principios de medida y a un método de medida dado, basado en un modelo de medida y que incluye los cálculos necesarios para obtener un resultado de medida. [4]

Prototipo - Artefacto que define una unidad de medida. El kilogramo prototipo, en París, es en la actualidad el único prototipo del Sistema SI.

Pruebas de aptitud - véase PTS.

PTB, *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* - Instituto Nacional de Metrología de Alemania.

PTS, *Proficiency testing schemes* - Esquemas de pruebas de aptitud, véase vínculo en el capítulo 7.

Rango de medida - Conjunto de valores del mensurando para los que el error de un instrumento de medida se supone comprendido entre límites especificados. [5]

Referencia (condiciones de) - Condiciones de funcionamiento prescrita para evaluar las prestaciones de un instrumento o sistema de medida o para comparar resultados de medida. [4]

Referencia (valor de) – Valor de una magnitud que sirve como base de comparación con valores de magnitudes de la misma naturaleza. [4]

Repetibilidad (de los resultados de medida) - Grado de concordancia existente entre los resultados de sucesivas mediciones del mismo mensurando, realizadas en las mismas condiciones de medida. [5]

Repetibilidad (de un instrumento de medida) - Capacidad de un instrumento de medida dado para, en condiciones definidas de utilización, proporcionar respuestas próximas entre sí al aplicar el mismo estímulo. [5]

Reproducibilidad (de los resultados de medida) - Grado de concordancia existente entre los resultados de medida del mismo mensurando, obtenidos en distintas condiciones de medida. [5]

Respuesta - La señal de entrada de un sistema de medida suele denominarse estímulo y la señal de salida respuesta. [5]

Resultado corregido - Resultado de medida después de aplicar la corrección por error sistemático. [5]

RMO, *Regional Metrology Organisation* - Organización Metrológica Regional, véase capítulo 3.2 y siguientes.

SADC MET, *Southern African Development Community (SADC) Cooperation in Measurement Traceability* - Véase capítulo 3.5.2.

SCSC - Subcomité de la APEC sobre Normas y Conformidad.

Sensor - Elemento de un sistema de medida directamente afectado por la acción del fenómeno, cuerpo o sustancia portador de la magnitud a medir. [4]

SI (Sistema) - Véase Sistema SI.

SI (Unidad) - Unidad del Sistema SI. Véase capítulo 5.

SIM - Sistema Interamericano de Metrología. Es la Organización metrológica regional de América, que comprende 34 estados miembros representados en la OEA. Véase capítulo 3.3.1.

Sistema de unidades - Véase sistema de unidades de medida

Sistema de unidades de medida – Conjunto de unidades básicas y derivadas junto con sus múltiplos y submúltiplos definida de acuerdo con reglas establecidas para un sistema de magnitudes dado [4]

Sistema métrico - Sistema de medida basado en el metro y el kilogramo. Posteriormente dio lugar al Sistema SI. Véase capítulo 5.

Sistema MKSA - Sistema de unidades de medida basado en el metro, el kilogramo, el segundo y el amperio. En 1954 el Sistema se amplió para incluir el kelvin y la candela, dándosele el nombre de “Sistema SI”. Véase capítulo 5.

Sistema SI - Sistema Internacional de Unidades. Sistema de unidades de medida que se ocupa de la definición formal de todas las unidades SI básicas y aprobado por la Conferencia General de Pesas y Medidas. Véase capítulo 5.

Sistemático (error) - Véase Error sistemático. [4]

SMD FPS Economy, DG Quality and Safty Metrology Division - Instituto Nacional de Metrología de Bélgica

SMU Slovensky Metrologicky Ustav - Instituto Nacional de Metrología de la República de Eslovaquia.

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut - Instituto Nacional de Metrología de Suecia.

TBT Technical Barrier to Trade - Barreras técnicas al comercio.

Transparencia - Capacidad de un instrumento de medida para no alterar el mensurando. [5]

Trazabilidad Metrológica- Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbres de medida. [4]

Umbral (discriminación) - Máxima variación del valor de la magnitud medida que no causa variación detectable de la indicación correspondiente. [4]

UME Ulusal Metroloji Enstitüsü - Instituto Nacional de Metrología de Turquía

Unidad básica (de medida) - Unidad de medida adoptada por convenio para una magnitud básica. [4]

Unidad derivada (de medida) – Unidad de medida de una magnitud derivada. [4] Véase capítulo 5.2.

Unidad fuera del sistema - Unidad de medida que no pertenece a un sistema de unidades dado. [4]

Valor (de una magnitud) - Valor de una magnitud particular generalmente expresado como una unidad de medida multiplicada por un número. Conjunto formado por un número y una referencia que constituye la expresión cuantitativa de una magnitud. [4]

Valor convencionalmente verdadero (de una magnitud) - Valor asignado a una magnitud, mediante un acuerdo, para un determinado propósito. Por ejemplo el valor convencional de la aceleración de caída libre. [4]

Valor nominal - Valor redondeado o aproximado de una magnitud característica de un instrumento o sistema de medida, que sirve de guía para su utilización apropiada. Por ejemplo una resistencia patrón marcada con un valor nominal de

100 Ω [4]

Valor transformado (de un mensurando) - Valor de una señal de medida que representa un mensurando dado. [5]

Valor verdadero (de una magnitud) – Valor de una magnitud compatible con la definición de la magnitud. [4]

Verificación primitiva CE - Véase capítulo 2.2.2.

Vigilancia (control) de mercado - Acciones destinadas a hacer cumplir los requerimientos de la metrología legal, véase capítulo 2.2.3.

VIM - Vocabulario Internacional de términos básicos y generales de Metrología. [4, 5]

VMT *State Metrology Service* - Instituto Nacional de Metrología de Lituania

WELMEC – *Western European Legal Metrology Co-operation*. Véase capítulo 3.2.3.

WTO *World Trade Organisation* - Organización Mundial del Comercio.

Zona muerta – Intervalo máximo dentro del cual se puede hacer variar en los dos sentidos el valor de la magnitud medida, sin causar una variación detectable de la indicación correspondiente. [4]

7. INFORMACIÓN SOBRE METROLOGÍA –ENLACES

| Información sobre ... | Fuente | Contacto |
|--|--|---|
| Acreditación en Europa Laboratorios Acreditados | EA European co-operation in Accreditation | Secretaría en el COFRAC 37 rue de Lyon, FR-75012 Paris www.european-accreditation.org |
| Acreditación en América | IAAC Inter American Accreditation Cooperation | www.iaac-accreditation.org www.iaac.org.mx |
| Acreditación en Asia Pacífico | APLAC Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation | www.aplac.org |
| Acreditación en Sudáfrica | SADCA Southern African Development Community Accreditation | www.sadca.org |
| Química analítica y temática sobre calidad en Europa | EURACHEM | www.eurachem.org |
| Materiales de referencia certificados | COMAR base de datos | www.comar.bam.de |
| Normas documentales | ISO Organización internacional de normalización | www.iso.org |
| EURAMET, proyectos técnicos e intercomparaciones | EURAMET | www.euramet.org |
| Comunidad Europea Legislación | EUR-lex | www.eur-lex.europa.eu |
| Organismos europeos de normalización | CEN Comité Europeo de Normalización | www.cenorm.be |
| Organizaciones metrologías internacionales | BIPM Bureau Internacional de Pesas y Medidas | Pavillon de Breteuil, F-92312 Sèvres Cedex, Francia www.bipm.org |
| Unión internacional de química pura y aplicada | IUPAC | www.iupac.org |
| Unión internacional de física pura y aplicada | IUPAP | www.iupap.org |
| Base de datos de comparaciones clave (KCDB) | Revista "Metrología" y base de datos del BIPM (KCDB) | www.bipm.org/kcdb |

| Información sobre ... | Fuente | Contacto |
|---|--|--|
| Metrología legal en Asia Pacífico | APLMF Asia-Pacific Legal Metrology Forum | www.aplmf.org/index.shtml |
| Metrología legal en Europa | WELMEC | Secretaría de WELMEC www.welmec.org |
| Metrología legal internacional | OIML | Secretaría en el BIML, París www.oiml.org |
| Laboratorios europeos de Calibración, Ensayo y Análisis | EUROLAB | www.eurolab.org |
| Institutos Nacionales de Metrología | BIPM | www.bipm.org ... entrar en "useful links" y "practical information" |
| Constantes físicas y químicas | CODATA | www.kayelaby.npl.co.uk |
| Pruebas de aptitud (PTS, <i>proficiency testing schemes</i>) en Europa, América y Australia-Asia | EPTIS European Proficiency Testing Information System | www.eptis.bam.de |
| Organizaciones metrologías regionales (RMO) | BIPM | www.bipm.org ... entrar en "useful links" y "practical information" |
| Organización metrología regional interamericana | SIM Sistema Interamericano de Metrología | www.sim-metrologia.org.br |
| Organización regional de Metrología en Asia Pacífico | APMP Asian Pacific Metrology Programme | www.apmpweb.org |
| Organización regional de metrología para Eurasia | COOMET Cooperación de institutos nacionales de metrología en Euro-Asia | www.coomet.org |
| Organización regional de metrología para Europa | EURAMET e.V. Asociación europea de institutos nacionales de metrología | www.euramet.org |
| Organización regional de metrología para Sudáfrica | SADCMET Southern African development Community Cooperation in Measurement Traceability | www.sadcmnet.org |
| Organización regional de metrología para África | AFRIMETS Sistema Intra-Africano de metrología | www.afrimets.org |
| TBT barreras técnicas al comercio | EC DG Trade acceso a base de datos | madb.europa.eu |

8. BIBLIOGRAFÍA

Esta publicación es traducción de la 3ª edición de “Metrology in short”.

Las referencias aparecen listadas por sus números [x]

[1] Arturo Garcia Arroyo, Dr. Director of Industrial & Material Technologies, CEC DG XII: “Measurements for Europe”, Measurements and Testing, June 1993, vol. 1, nº.1.

(Los porcentajes en el capítulo 1.1 se refieren a esta referencia)

[2] BIPM: The International System of Units, 8ª edición 2006.

[3] CCQM: Report of the President of the Comité Consultatif pour la Quantité de Matière, abril 1995.

[4] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML: International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms, 3ª edición, 2008, JCGM 200:2008, publicado por ISO mediante Guía ISO/IEC 99-12: 2007 “International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated”.

[5] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML: International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, 2nd edition 1993, ISBN 92-67-01075-1.

[6] ISO: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1ª edición 1995, ISBN 92-67-10188-9.

[7] ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, 2ª edición, 2005.

[8] Steen C. Martiny: Innovation og Måleteknik, 1999, ISBN 87-16-13439-7. (El ejemplo de fertilizantes en capítulo 4 se refiere a este libro).

La Humanidad y las medidas

La Metrología presenta una superficie aparentemente en calma que cubre conocimientos profundos, familiares sólo para unos pocos, pero utilizados por muchos – en la confianza de que ambos están compartiendo una percepción común de lo que se entiende por expresiones como metro, kilogramo, litro, vatio, etc.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO

