

m15

CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA

MEMORIA

2015



“Aquello que no podemos medir, no lo entendemos correctamente y, por lo tanto, no lo podemos controlar, ni fabricar, ni procesar de una forma fiable...”

...ahora más que nunca se requieren medidas precisas y fiables para impulsar la innovación y el crecimiento económico en nuestra economía basada en el conocimiento”

Informe de la Evaluación de Impacto del EMPIR

04

PRESENTACIÓN

05

VISIÓN Y MISIÓN

06

NUESTRA ACTIVIDAD

Ensayos y calibraciones	06
Desarrollo legislativo	10
Investigación y desarrollo	12
Formación y difusión	18

21

NUESTRO EQUIPO

22

FORMACIÓN INTERNA

23

INFRAESTRUCTURA

25

COOPERACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL

27

EL CEM EN CIFRAS

28

RELACIÓN DE MIEMBROS DEL CONSEJO RECTOR DEL CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA

Es para mi un honor prologar la memoria del CEM de 2015. Tras un tiempo desempeñando diferentes cometidos en la Administración española, he vuelto en 2016 a esta institución por la que siempre he sentido un especial cariño y orgullo, como ejemplo de una organización que con recursos limitados puede hacer mucho en beneficio de los ciudadanos.

En primer lugar, quiero hacer una mención especial y de agradecimiento al personal del Centro Español de Metrología, que realizando una labor callada, precisa un alto grado de vocación y dedicación a la investigación y al servicio público.

Quiero, también, agradecer la lealtad y colaboración mostrada por nuestros laboratorios asociados y colaboradores, exponentes, junto con el propio CEM de la infraestructura metrológica del país, así como a los componentes de la Comisión de Metrología Legal. Cada día dan muestra con su trabajo de la calidad y solidez en el ámbito de la Metrología.

El año 2015 ha sido una muestra más del claro compromiso del CEM con el trabajo bien hecho. Prueba de ello es el número de servicios realizados que ha seguido creciendo en relación a años anteriores, reduciendo, además, las incertidumbres y mejorando la exactitud de las medidas asociadas a nuestras calibraciones y ensayos.

El CEM en 2015 también ha dado ejemplo de su vocación investigadora, participando de manera destacada en los numerosos proyectos que pueden encontrarse en esta memoria de actividades.

Por otra parte, en el campo de la Metrología Legal, se ha llevado a cabo una importante labor de divulgación y desarrollo de la Ley 32/2014, de Metrología y de transposición a nuestro ordenamiento jurídico de tres Directivas comunitarias, trabajo que verá la luz en 2016, con la aprobación del correspondiente Real Decreto.

Todo ello, sin olvidar la gran labor divulgativa y formativa realizada. El Master de Metrología de la UPM en el que colaboramos con gran dedicación y convencimiento, el Aula Virtual o la revista e-medida son las actividades más representativas en este ámbito, pero no las únicas.

Acabamos un ejercicio, pero ya estamos en plena vorágine con el del año 2016 y diseñando y planificando la estrategia de los años venideros.

La reducida oferta de empleo público y la pérdida constante de efectivos no han permitido adaptar la plantilla a la evolución de su actividad y a los servicios que la sociedad requiere, lo que, además, pone en riesgo la transmisión del conocimiento y la experiencia adquirida en los años de existencia del CEM, por ello debemos poner todo el empeño en revertir la situación.

En el ámbito de la Metrología científica e industrial debemos llevar a cabo un proceso de reflexión, que determine las actividades que son prioritarias para el desarrollo presente y futuro de la Industria y de los laboratorios nacionales así como la mejora de la sociedad del bienestar. Para ello, el CEM debe establecer la coherencia entre las actividades científicas e innovadoras que realiza, y promueve, y las necesidades de la industria y los servicios estratégicos nacionales.

La publicación de la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología y de las nuevas Directivas del Parlamento y del Consejo de la Unión Europea, 31/2014/UE y 32/2014/UE, así como el próximo en aprobarse Real Decreto de desarrollo, obligan a una completa readaptación del marco reglamentario específico aplicable a los instrumentos, medios y sistemas de medida, sometidos a control metrológico del Estado. Por tanto, en el ámbito de la metrología legal hay que continuar con esta labor, ahora ya, en el marco de las distintas órdenes ministeriales que regulan los distintos instrumentos de medida.

Es, asimismo, imprescindible mejorar la divulgación de la metrología. La incidencia que tiene la ciencia de la medida en la sociedad es elevada; sin embargo, cuenta con una menor divulgación con respecto a otras ciencias. En ese sentido, el CEM debe abordar una política transparente de información dirigida a empresas, universidades, Administración Pública y ciudadanos en general, que permita poner en valor la metrología y mejorar su visibilidad en el exterior así como su liderazgo a nivel nacional.

Por último, otro aspecto fundamental, es la formación en metrología. A diferencia de lo que sucede en otros países europeos, no existen prácticamente programas formativos reglados en las universidades españolas, lo que genera un déficit de recursos humanos en esta materia. Además, en la enseñanza media, la formación que existe actualmente en materia de metrología debe sin lugar a dudas actualizarse.

Tenemos por delante retos difíciles, pero motivadores, que sin duda serán cumplidos con la participación de todo el equipo del CEM y el apoyo externo de instituciones e industrias comprometidas con el desarrollo de la metrología.

JOSÉ MANUEL BERNABÉ SÁNCHEZ

Director

MISIÓN

- ▶ Desarrollar y apoyar una adecuada infraestructura metrológica nacional, eficaz e internacionalmente reconocida basada en la alta calidad y solidez de la ciencia, la investigación y el desarrollo, teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios finales en la industria, el comercio, la sociedad y las Administraciones Públicas.
- ▶ Promover y divulgar la enseñanza de la Metrología.
- ▶ Apoyar y armonizar la implementación del Control Metrológico Legal, asegurando la protección del medioambiente, la salud, la seguridad y los intereses de los ciudadanos.
- ▶ Representar los intereses nacionales en la Unión Europea y en el resto del mundo.

VISIÓN

Nuestra Visión se sustenta en torno a los esfuerzos de todos los laboratorios implicados para mantenernos como la Referencia Nacional en el desarrollo de patrones de medida y de aplicaciones técnicas y métodos de medición, ayudando a España a ser más competitiva y sostenible a través del conocimiento y la innovación.

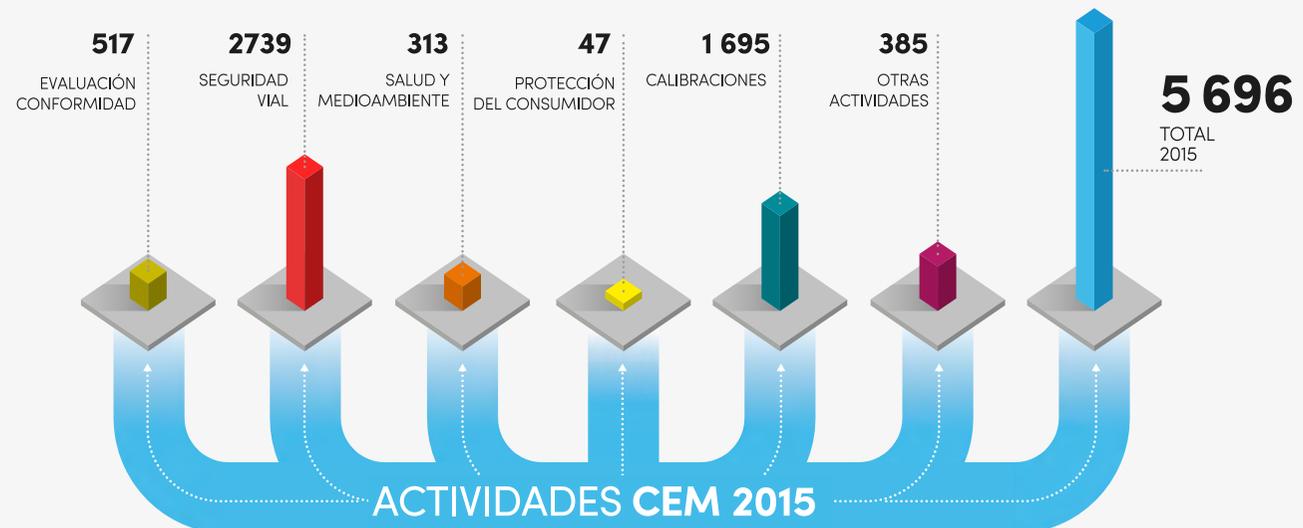
CEM

El número de actividades realizadas en 2015 ha vuelto a crecer en más de un 10 % con respecto a 2014; sin embargo, aún no se han recuperado las cifras anteriores a 2009, cuando la crisis económica todavía no había mostrado sus peores efectos. Puede destacarse el aumento de un 36 % de las calibraciones y las verificaciones de producto o módulos F, en etilómetros, sonómetros, calibradores y dosímetros, así como en las realizadas en las instalaciones propias de los fabricantes y las calibraciones de sistemas ópticos para verificación de niveles rotatorios láser, apareciendo nuevas necesidades en las verificaciones de básculas pesa trenes e instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (IPFNA) para su utilización en barcos.

En general durante 2015 se ha trabajado para adaptar la actividad del CEM a las necesidades del país intentando mejorar nuestros servicios tanto en atención al cliente, reduciendo los plazos y tiempos de respuesta a las solicitudes, como en capacidad de medida, mejorando las incertidumbres asociadas a nuestras calibraciones y ensayos.

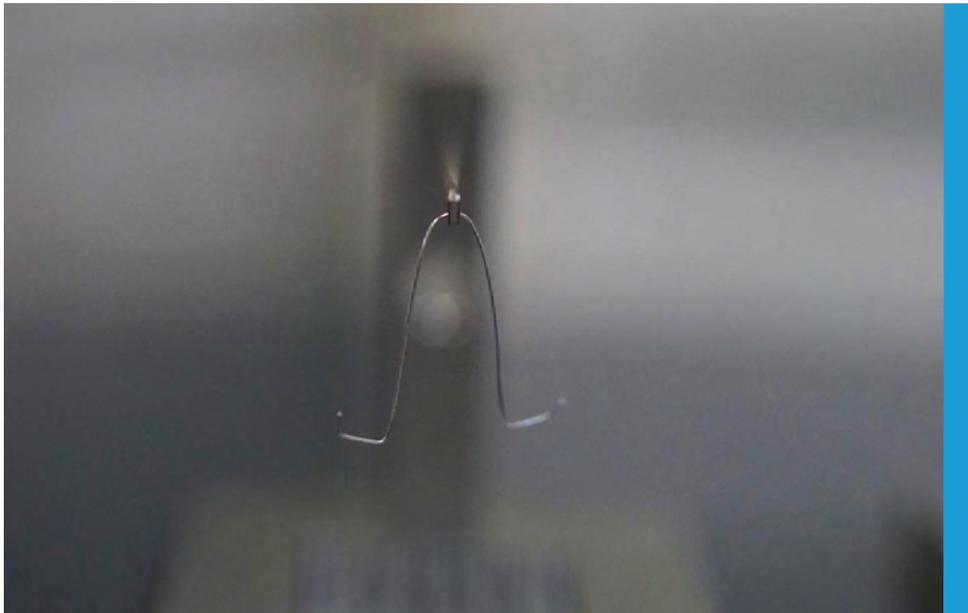
[La lista actualizada de servicios puede ser consultada en nuestra página web.](#)

→ **SERVICIOS DEL CEM**



RECONOCIMIENTO INTERNACIONAL DE LAS CAPACIDADES DE MEDIDA Y CALIBRACIÓN DEL LABORATORIO DE VIBRACIONES

En el año 2015 han sido publicados por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas nuevos servicios para la calibración de acelerómetros, cadenas de medición y calibradores en el rango de 0,4 Hz a 10 kHz. Incluyen tanto servicios primarios, de acuerdo a la norma internacional ISO 16063-11, como por comparación, de acuerdo a la norma internacional ISO 16063-21. Este reconocimiento sitúa al CEM al mismo nivel de otros institutos nacionales, alcanzando el más alto nivel metrológico en el campo de las vibraciones.



NUEVAS CAPACIDADES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA MASA, PARA VALORES INFERIORES AL MILIGRAMO

Como resultado del proyecto de I+D "micropesas" se han conseguido desarrollar patrones de masa de valores inferiores al miligramo, en concreto desde los 50 µg hasta los 900 µg, así como proporcionarles trazabilidad a partir del Patrón Nacional del kilogramo. Este logro tendrá un gran impacto en la calibración de balanzas de bajo alcance, ampliamente utilizadas en la industria farmacéutica.

NUEVOS SERVICIOS EN ENERGÍA Y CORRIENTE ALTERNA

Durante el año 2015 se ha conseguido la aprobación de un total de 17 nuevas capacidades de medida y calibración (CMC) basadas en los nuevos patrones primarios desarrollados en el área de electricidad, tanto relacionados con el patrón de potencia y energía mediante muestreo digital y sistema trifásico de medida de potencia y energía, como con el nuevo sistema de transferencia CA-CC en corriente. Estas nuevas CMC han sido ya publicadas en la web de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas. [+ info](#)



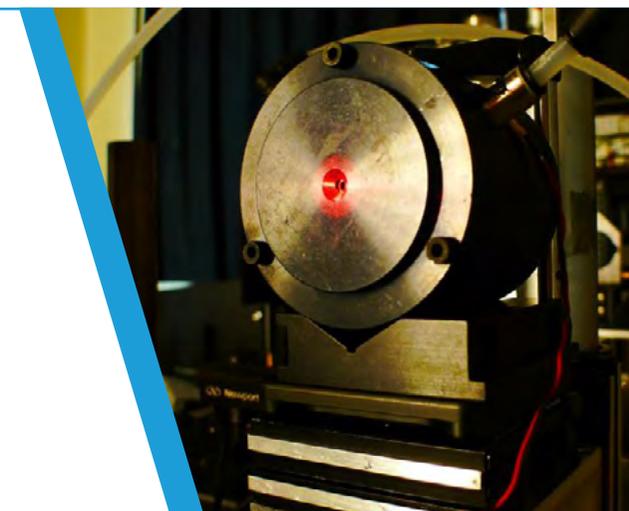
ASEGURAMIENTO Y MEJORA DE LOS MÉTODOS DE MEDIDA DE VELOCIDAD Y DISTANCIA

Para la evaluación de la conformidad de los instrumentos de medida de velocidad, como los cinemómetros en aeronave o de tramo, y de los instrumentos de medida espacio-tiempo, como los taxímetros, se dispone de un vehículo equipado con dos sistemas independientes de medida de velocidad y distancia, como único método para la realización de medidas y ensayos en modo dinámico.

Al objeto de asegurar, complementar y mejorar este método de medida, se ha adquirido un nuevo vehículo de altas prestaciones al que se incorporará un nuevo sistema de medida de velocidad y distancia basado en sensores optoelectrónicos, que constituirá un eficaz y mejorado sistema de referencia para las medidas de velocidad y distancia en movimiento.

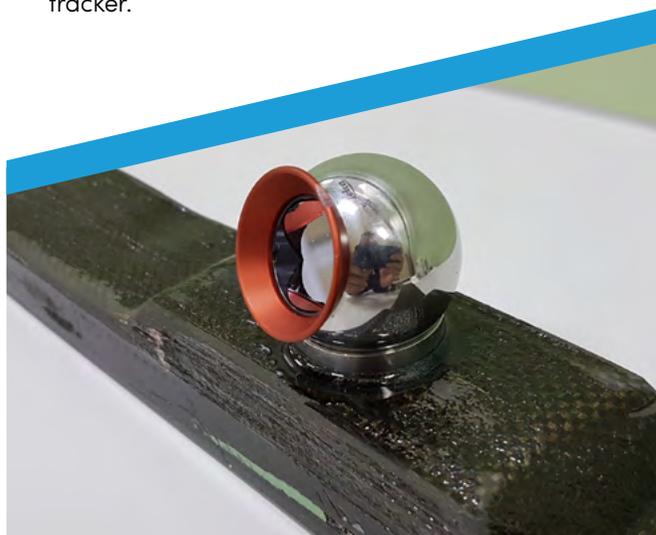
NUEVAS CAPACIDADES PARA LA DISEMINACIÓN DE LA TEMPERATURA TERMODINÁMICA

A lo largo de 2015 se ha realizado la puesta a punto en el laboratorio de termometría de radiación de un sistema que permite la caracterización de la respuesta espectral absoluta de termómetros de radiación patrón y radiómetros con detectores de Si. Este nuevo desarrollo permite al CEM estar en disposición de realizar medidas absolutas de temperatura de radiación y poder diseminar la escala termodinámica en el rango de temperaturas de 1000 °C a 2500 °C por primera vez.



VERIFICACIÓN/CALIBRACIÓN DE SISTEMAS LÁSER TRACKER

En 2015 se ha puesto en marcha un nuevo servicio de calibración de láser trackers y láser tracers, en medición de distancias. Se trabaja también en la conclusión de un procedimiento para la realización de gran parte de los ensayos volumétricos indicados tanto por la Norma ISO 10360-10 como por la ASME B89.4.19, para la verificación de estos sistemas. Ante la dificultad de obtener patrones de referencia calibrados, de longitud superior a los existentes, tal como exigen estas normas, se ha optado por emplear como patrón una barra de fibra de carbono, calibrable por el propio CEM con incertidumbre suficientemente reducida como para verificar el comportamiento del interferómetro y del distanciómetro absoluto de los sistemas láser tracker.



CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO METROLÓGICO DE MÁQUINAS DE VISIÓN

La caracterización de máquinas de tres coordenadas, ya sean de contacto, ópticas o híbridas, es de gran interés para laboratorios de metrología y entornos productivos. El CEM, trabajando sobre una máquina de tres coordenadas Mitutoyo UQV 350 Pro, ha desarrollado un método para caracterizar el comportamiento metrológico de máquinas de visión.

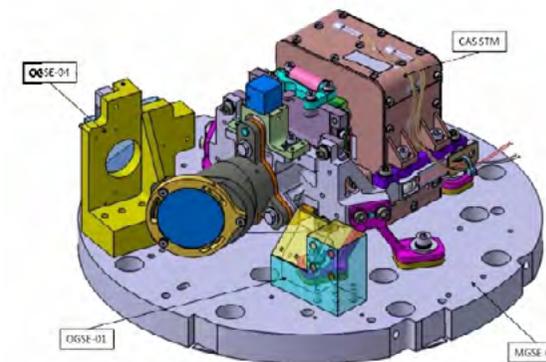
Los resultados obtenidos, y su baja incertidumbre, permiten evaluar con confianza el cumplimiento de las especificaciones dadas por el fabricante de la máquina para la medición de distancias punto a punto, lo que a su vez facilita trabajar en modo absoluto, y considerar el máximo error permitido (MPE) en la estimación de la incertidumbre de medida de la máquina.

NUEVOS RETOS EN CALIBRACIÓN, RESUELTOS SATISFACTORIAMENTE

Durante 2015, el 63 % de las calibraciones realizadas por el área de longitud han sido calibraciones correspondientes a capacidades de medida (CMC) de alto nivel, cuyos certificados llevan el logotipo CIPM-MRA de reconocimiento internacional.

Aparte de las calibraciones más tradicionales, el área se ha enfrentado con éxito a nuevos retos de medición, entre los que cabe destacar la determinación de cotas críticas en el sistema de coalineamiento (Co-Alignment Sensor, CAS) del instrumento ATLID para la misión espacial EarthCare, y la determinación de la planitud de células fotovoltaicas para el programa METEOSAT.

Ello demuestra, una vez más, el apoyo que el CEM presta a la industria e investigación nacionales, y la respuesta que estos sectores encuentran en el CEM ante problemas complejos de medición.



Modelo STM del CAS ATLID para la misión EarthCare
Cortesía de LIDAX y CRISA

REAL DECRETO POR EL QUE SE DESARROLLA LA NUEVA LEY DE METROLOGÍA

El objeto de la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología, es el establecimiento y la aplicación del Sistema Legal de Unidades de Medida, así como la fijación de los principios y de las normas generales a las que debe ajustarse la organización y el régimen jurídico de la actividad metrológica en España.

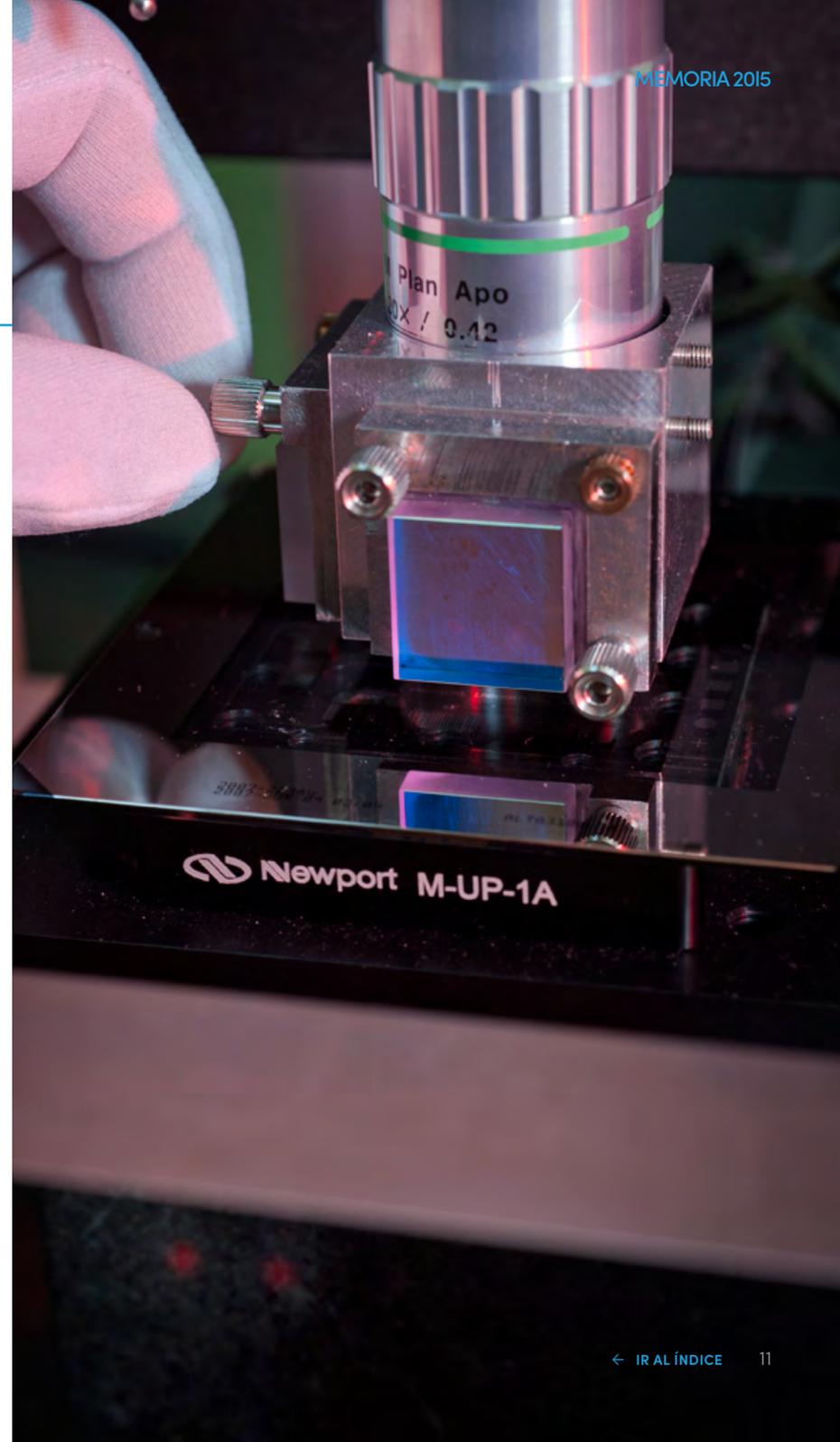
Este año ha tenido como protagonista principal el proyecto de real decreto por el que se desarrolla la nueva ley de metrología. Consecuencia de ello ha sido la gran dedicación al desarrollo reglamentario enfocado a la elaboración del proyecto que recoja los principios y normas generales de la ley y transponga las directivas 2014/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático; 2014/32/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de instrumentos de medida.

Paralelamente, después de diversos avatares se publicó en febrero de 2015 la Norma EN 45501 “Aspectos metrológicos de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático” que sustituirá a la versión de 1992, que lógicamente ya se encontraba obsoleta en muchos aspectos. Esta norma armonizada se utilizará para demostrar la conformidad con los requisitos esenciales establecidos en la Directiva 2014/31/UE sobre la armonización de las legislaciones de los Estados Miembros en materia de comercialización de estos instrumentos, que tendrá que transponerse en nuestro país para su adopción antes del 20 de abril de 2016.

Se está trabajando con AENOR, en la traducción de la nueva norma para su publicación como Norma UNE-EN 45501 en abril de 2016.

COLABORACIÓN CON LA COMISIÓN DE METROLOGÍA LEGAL (CML)

El laboratorio de instrumentos especiales ha participado en las diversas reuniones de sus grupos de trabajo de la CML, en los que ha colaborado, conjuntamente con autoridades metrológicas de diferentes comunidades autónomas, en el desarrollo e interpretación de aspectos relacionados con la aplicación de las diferentes reglamentaciones específicas. Asimismo se ha colaborado en la resolución de dudas que representantes de las diferentes comunidades autónomas han planteado, a lo largo del año, relativas a la aplicación de los requisitos que se establecen en las normativas de taxímetros y la problemática que existe en la instalación de contadores de agua en dominio público hidráulico, así como la utilización de diferentes precintos en los contadores de la medida de energía eléctrica en servicio; por otra parte, se han establecido grupos de trabajo para el análisis de los criterios, requisitos y procedimientos que afectan a una serie de instrumentos de medida, con vistas a su posible adaptación al nuevo proyecto de real decreto en marcha, como son los surtidores, refractómetros y medidores de sonido audible.





La metrología europea en los últimos años ha dado un paso decisivo hacia la coordinación y la especialización, con la ayuda de los programas europeos de I+D en metrología y ello ha forzado a que muchos laboratorios nacionales, como el CEM, se replanteen sus actuales tareas y misiones y consideren la I+D en metrología como una apuesta de presente y futuro. No hay que olvidar que la investigación y el desarrollo (I+D), además de la innovación, son ejes centrales de la Estrategia Europa 2020 de la Unión Europea para convertirla en una economía inteligente, sostenible e integradora.

Los patrones y procedimientos de medida no son estáticos, evolucionan continuamente reflejando el avance de la ciencia y en respuesta a las necesidades de la sociedad. La investigación en ciencias de la medida es una actividad a largo plazo que necesariamente debe adelantarse a las necesidades industriales y de la sociedad. La investigación de hoy proporcionará la base para los servicios metroológicos de mañana. Es por ello que el CEM, desde el año 2007, se ha comprometido claramente en materia de I+D+i, participando gradualmente en proyectos del plan nacional y europeos.

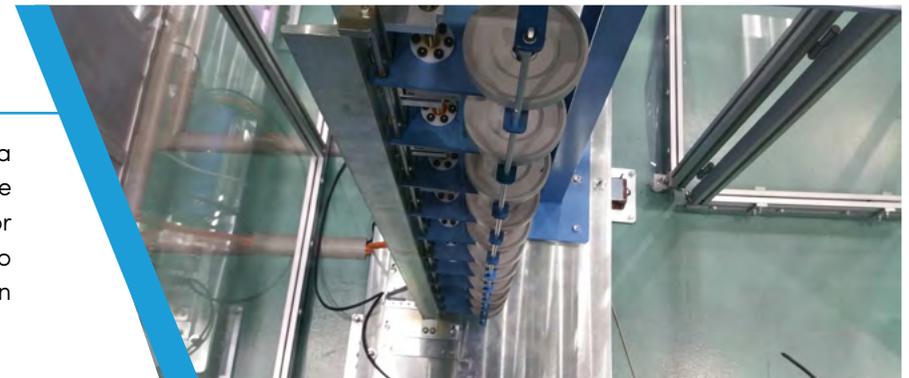


PROPORCIONANDO TRAZABILIDAD EN EL RANGO DE LOS MEGANEWTON: EL PROYECTO EMPIR "FORCE METROLOGY"

El objetivo de este proyecto, donde participan los principales institutos europeos con capacidad en la magnitud fuerza, es proporcionar trazabilidad en el rango del meganewton. Durante el 2015 el CEM ha colaborado en la realización de un procedimiento de calibración para sistemas "build up". También se ha realizado un estudio para la determinación de los parámetros de influencia en los transductores de fuerza, con el fin de determinar la incertidumbre de los resultados de medida en la aplicación de fuerza a los traductores en condiciones reales. Asimismo se ha desarrollado un método para extrapolar los resultados de calibración de transductores de fuerza a rangos superiores. [+ info](#)

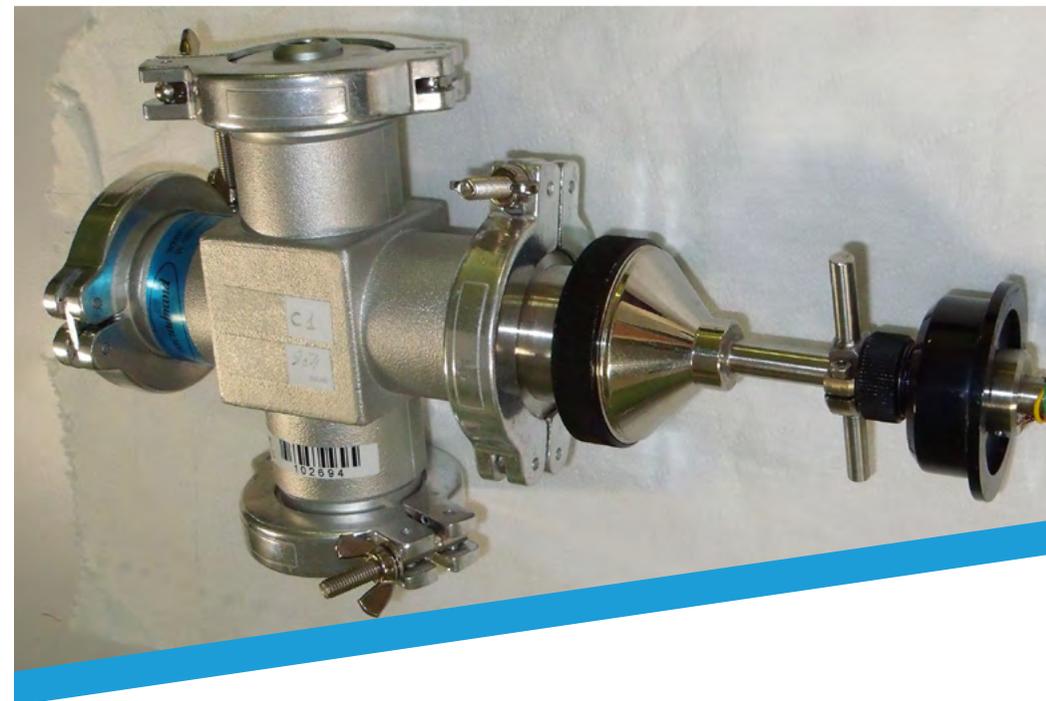
NUEVA MÁQUINA PARA LA MEDIDA DE MICROFUERZAS, EN FUNCIONAMIENTO

Se ha logrado completar el desarrollo mecánico de la nueva máquina de microfuerzas. Esta máquina será la referencia nacional de fuerza en el rango de 100 N a 0,1 N. Su principio de funcionamiento se basa en la acción de fuerzas causadas por el campo de la gravedad terrestre sobre masas de valor conocido. Dado su bajo rango de funcionamiento, la máquina dispone de un brazo con un contrapeso para compensar el peso de la línea de carga y el transductor, cuyo equilibrio se autorregula mediante un sistema retroalimentado basado en la medida de desplazamiento mediante un láser. [+ info](#)



AMPLIANDO LOS MÉTODOS CUÁNTICOS DE MEDIDA EN EL ÁREA ELÉCTRICA

Dentro del proyecto EMRP SIB53 AIM QuTE se realizó una estancia en el instituto nacional de metrología alemán, PTB, donde se llevaron a cabo los trabajos correspondientes a la comparación de puentes de medida de impedancia con dos condensadores de 100 pF. Los excelentes resultados de esta comparación han permitido la implantación en el CEM de este nuevo método de medida. [+ info](#)



DISEMINANDO EL USO DE LOS PATRONES CUÁNTICOS DE TENSIÓN EN EUROPA

En cooperación con 14 institutos nacionales de metrología europeos, el CEM está coordinando con éxito el proyecto ACQ-PRO. El objetivo principal de este proyecto es la extensión del uso de los patrones de tensión cuánticos en corriente alterna entre los institutos nacionales de metrología europeos. Como coordinadores del proyecto, durante el año 2015 el CEM ha estado a cargo del establecimiento de la estrategia y planificación relativa a la formación a celebrar en los institutos nacionales alemán, PTB, e inglés, NPL. Es importante destacar que la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) se ha unido al proyecto como colaborador.

[+ info](#)

DESARROLLO DE UN SIMULADOR DE OBJETIVOS APLICADO A CINEMÓMETROS DE NUEVA GENERACIÓN

Como consecuencia del avance del estado de la técnica se han desarrollado cinemómetros capaces de seguir y medir la velocidad de varios vehículos simultáneamente, así como la distancia inter-vehicular y la identificación del carril por el que circulan.

Con el fin de dar respuesta a estos nuevos retos que se plantean y poder cumplir con los requisitos que se establecen en nuestros procedimientos en lo relativo a la realización de ensayos de simulación, el CEM acomete, en colaboración con el laboratorio de radiofrecuencia de una empresa puntera en nuestro país, el proyecto para el diseño de un simulador de objetivos con capacidad para emular en el laboratorio las señales de microondas generadas por blancos reales en cinemómetros radar en las bandas Ku y Ka.

El desarrollo de un simulador de objetivos, a la vez que un reto, es un proyecto ambicioso, pues se manejan señales de alta frecuencia, de gran complejidad en su análisis y propagación y apenas se conoce equipamiento comercial para este tipo de aplicaciones. Se espera tener operativo este sistema en el primer semestre del 2016.



DESARROLLOS PARA LA CERTIFICACIÓN DEL PATRÓN DE SACAROSA

En la sección de refractómetros se están desarrollando métodos y procedimientos para la preparación de disoluciones patrón de sacarosa, de cara a su certificación y comercialización como Material de Referencia Certificado. Se han iniciado los estudios para la adquisición de un polarímetro automático, que permitirá medir la relación entre la rotación óptica de una solución acuosa y la rotación causada por la sacarosa pura en función de su concentración.



DESARROLLOS PARA LA CERTIFICACIÓN DE SOLUCIONES DE ETANOL EN AGUA

Se han iniciado los trabajos para el desarrollo y certificación de materiales de referencia de soluciones de etanol en agua. La certificación de un material de referencia (MRC) se basa en las normas internacionales de la serie ISO, guías 30 a 35, y se compone básicamente de tres etapas: la caracterización del material, la estimación de su homogeneidad y la estimación de su estabilidad, la cual debe establecer las condiciones de transporte y almacenaje del material.

El objeto de este proyecto es la certificación y comercialización de disoluciones hidroalcohólicas para la realización de ensayos de etilómetros. El desarrollo de este MRC contribuirá de forma significativa a la trazabilidad y confianza en las mediciones realizadas con etilómetros. Para la realización de este proyecto, el laboratorio de instrumentos especiales ha adquirido un titulador de Karl Fischer para la valoración coulombimétrica y un cromatógrafo de gases.



NUEVOS AVANCES EN LA PUESTA EN PRÁCTICA DEL KELVIN

En 2015 finalizaron dos proyectos de investigación en termometría, InK y NOTED, que han marcado un antes y un después en los trabajos tanto de definición como de diseminación de la unidad de temperatura: el kelvin. Ambos proyectos han contado con la participación del CEM, siendo uno de ellos, NOTED, coordinado por nosotros. Ambos proyectos han llevado a cabo trabajos complementarios e indispensables ante los cambios que se aproximan en 2018, cuando se espera que la definición de varias unidades fundamentales del Sistema Internacional, entre las que se encuentra el kelvin, cambie.

Dichos proyectos han concluido con sendos seminarios. El organizado por el proyecto InK tuvo lugar en las instalaciones de la Royal Society, en Chichely Hall y los principales trabajos presentados se han publicado en un número especial de la prestigiosa revista Philosophical Transactions A. El organizado por NOTED tuvo un carácter claramente formativo, orientado sobre todo al personal de otros institutos nacionales europeos y debió ampliarse el número de asistentes previstos a su curso de formación debido al gran número de demandas recibidas.

[+ info](#)

[+ info](#)

BUSCANDO LA TRAZABILIDAD METROLÓGICA DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS ESENCIALES (ECV)

A finales de 2014 comenzó el proyecto METEOMET 2 cuyo principal objetivo es establecer la trazabilidad metrológica para las principales ECV establecidas por el Sistema Global de Observación del Clima (GCOS en sus siglas en inglés). El CEM trabaja en el desarrollo de procedimientos para la evaluación de los sistemas sensor de temperatura y pantalla de radiación, así como en el establecimiento de protocolos para la realización de comparaciones. También, en colaboración con el IO-CSIC y con la Universidad Politécnica de Cataluña, beneficiaria de una beca de excelencia, se trabaja en el desarrollo y calibración de sensores de temperatura de fibra óptica para su uso en boyas marinas.

En 2015 se inició el experimento del estudio de la influencia de las edificaciones en las medidas de temperatura del aire. Para ello se ha contado con la colaboración de la fábrica de Elgorriaga en Ávila, que ha prestado terreno dentro de sus instalaciones para colocar las distintas estaciones meteorológicas con las que se estudiará esta influencia. El experimento tendrá una duración de un año.

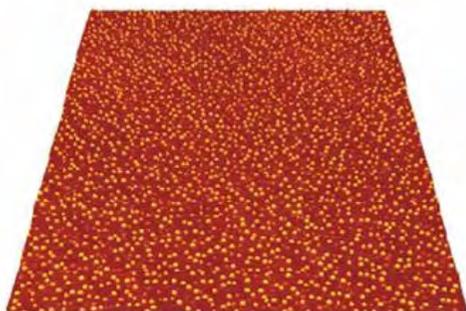
[+ info](#)



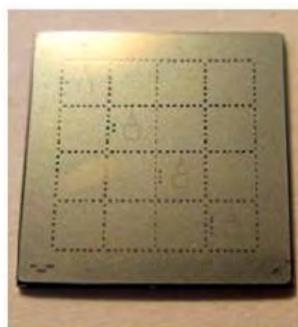
TRAZABILIDAD DE MEDICIONES EN NANOTECNOLOGÍA

Los trabajos emprendidos por el laboratorio de calidad superficial del CEM hace algunos años para dotarse de un microscopio de fuerza atómica metrológico que permitiera la calibración con incertidumbre nanométrica de patrones y muestras utilizados en nanotecnología, están concluyendo con éxito. El sistema desarrollado en el CEM, en colaboración con la firma SIOS, integra técnicas de microscopía de campo cercano (SPM, Scanning Probe Microscopy) y técnicas interferométricas de alta resolución basadas en el uso de fuentes láser estabilizadas, directamente trazadas al patrón nacional de longitud, sobre un nanoposicionador (NMM) con volumen de medición de $(25 \times 25 \times 5) \text{ mm}^3$ y resolución de 0,1 nm. El nanoposicionador permite acoplar, además de un microscopio de fuerza atómica (AFM), un sensor óptico láser (LFS), para la medición trazable de mensurandos micro- y milimétricos, manteniendo una incertidumbre nanométrica.

En paralelo se han realizado estudios sobre muestras complejas empleadas en distintos campos de la nanotecnología, como los "nanodots", y se han incorporado mejoras en los sensores de condiciones ambientales y en el tratamiento de sus datos, a fin de disminuir las componentes de incertidumbre derivadas de estas fuentes. [+ info](#)



a) Muestra de nanodots Ge-Si



b) Chip de Si lapeado

NUEVA INFRAESTRUCTURA METROLÓGICA PARA ASEGURAR LA CALIDAD DEL BIOGAS

En 2014 comenzó el proyecto europeo BIOGAS cuyo principal objetivo es establecer procedimientos de medida validados para la determinación de impurezas clave, humedad, partículas, capacidad calorífica y densidad del biogas. El CEM, en colaboración con la Universidad de Valladolid, que es beneficiaria de una beca de excelencia dentro de este mismo proyecto, participa en las actividades relacionadas con la determinación de la capacidad calorífica y de la densidad. En el año 2015 se realizó la preparación de mezclas de gas de referencia de N_2 y CH_4 con vapor de agua, mediante el sistema de inyección líquida. Estas mezclas servirán para comprobar la adecuación de las ecuaciones de estado utilizadas para la tarificación del gas natural (p.e. GERG 2004, GA8-92DC o SGERG-88) para su uso con biogas. [+ info](#)



MEJORANDO LA MEDIDA DE ÁNGULOS EN LA CIENCIA Y LA INDUSTRIA

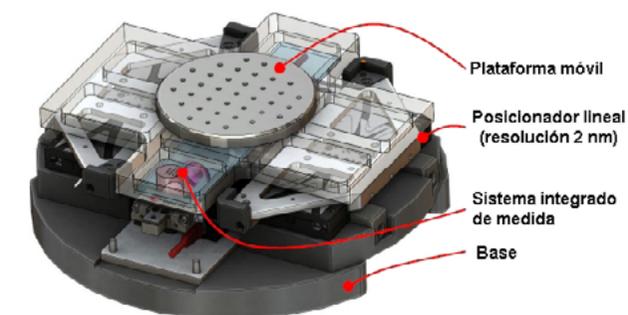
El laboratorio de mediciones angulares está participando en el proyecto EMRP SIB58 "Angles", que ha permitido incrementar en 2015 el conocimiento sobre los errores dependientes de la distancia, en la medición con autocolimadores (AC). También se ha avanzado en el centrado preciso de diafragmas de pequeña apertura utilizados con los AC. La firma MWO ha diseñado un nuevo dispositivo centrador cuyo comportamiento ha sido verificado experimentalmente por el CEM, entre otros institutos nacionales de metrología europeos. Como resultado, dicho dispositivo está hoy día comercialmente disponible. También se ha colaborado en la realización de nuevas investigaciones sobre la influencia de desalineamientos y acoplamientos de *encoders* angulares y se han aplicado técnicas de *shearing* en la calibración de ACs con diferentes *encoders* angulares,

investigando también los errores de interpolación. A partir de los buenos resultados obtenidos, se han comenzado a redactar guías de buenas prácticas, destinadas a los usuarios de este tipo de instrumentación.

Es de destacar también el desarrollo de un nuevo generador de pequeños ángulos y gran rango, totalmente novedoso en su concepción y diseño, realizado por IK4-Tekniker, y cuyo comportamiento metrológico está siendo verificado en la actualidad en el CEM.

El CEM organizó el 28 de octubre el segundo seminario del proyecto, con 13 presentaciones a cargo de los socios, y al que asistieron unas 60 personas de varios ámbitos (industria, universidades, organismos públicos y personas de contacto de institutos nacionales de metrología).

[+ info](#)



Generador de pequeños ángulos IK4-Tekniker
 Campo: $\pm 3600''$ Resolución esperada: $0.001''$

TRAZABILIDAD DEL PATRÓN DE TENSIÓN ELÉCTRICA A LOS PATRONES DE LONGITUD

En 2015 el CEM ha comenzado a trabajar en el proyecto nacional TRÁTELO, acrónimo de "trazabilidad del patrón de tensión eléctrica a los patrones de longitud y frecuencia/tiempo mediante estabilización espectral de un diodo láser en un dispositivo interferométrico". El proyecto, cofinanciado por la Secretaría de Estado de Investigación, está coordinado por la Universidad Complutense de Madrid (Fac. CC. Físicas).

El objetivo del mismo es establecer una nueva ruta de trazabilidad entre los patrones de longitud y de tensión eléctrica, mediante una nueva técnica de aplicación del patrón de longitud (con incertidumbre típica de 10^{-12}) en mediciones interferométricas, a partir de la estabilización espectral intrínseca de un diodo láser, que permitirá la determinación experimental del factor h/e (h : cte de Plank, e : carga del electrón). De esta forma, se pretende obtener una posible ganancia de tres órdenes de magnitud en la incertidumbre del patrón de tensión eléctrica, situándola en el rango picométrico, lo cual tiene relevante implicación metrológica conceptual y repercusiones instrumentales en los ámbitos de la electrónica, la electromedicina y la biotecnología.

EN 2015
SE ATENDIERON
MÁS DE
814
CONSULTAS
A TRAVÉS DE
NUESTRA PÁGINA WEB



MÁSTER EN METROLOGÍA

En febrero de 2015 comenzó la cuarta edición del Máster en Metrología, fruto de un convenio de colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid, en concreto con la Escuela Superior de Ingenieros Industriales, para el diseño y la impartición. En esta edición solo se ha impartido el módulo de experto. En septiembre de 2015 empezó la [quinta edición en la que se van a impartir los módulos de experto, especialización y máster](#) (estos dos últimos finalizarán en 2016).

La acogida del nuevo formato en modalidad virtual casi totalmente ha sido muy buena sobre todo en alumnos de Iberoamérica.

AULA VIRTUAL

La formación virtual tiene un alcance mucho mayor que la formación presencial. Durante el año 2015 se han impartido dos ediciones del Curso Virtual de Metrología en sus tres niveles (básico, intermedio y avanzado) contando con un total de 394 alumnos. [Todas las actividades formativas del Aula Virtual del CEM han sido gratuitas.](#)

En 2015 se ha modificado el Aula Virtual para añadirle nuevas funcionalidades, como por ejemplo un módulo de tutorías que permitirá atender de forma personalizada a los alumnos a partir del próximo año.

CURSOS A MEDIDA

Uno de las modalidades de formación más demandadas por los alumnos es la formación a medida. Se basa en el diseño personalizado de los cursos a las necesidades concretas del alumnado. Se imparten, generalmente, a **grupos pequeños de la misma empresa o institución y se ciñen a los contenidos que realmente necesitan**. Esta forma de trabajar fomenta un clima de trabajo muy productivo y permite que los alumnos planteen todas sus dudas directamente a los profesores.

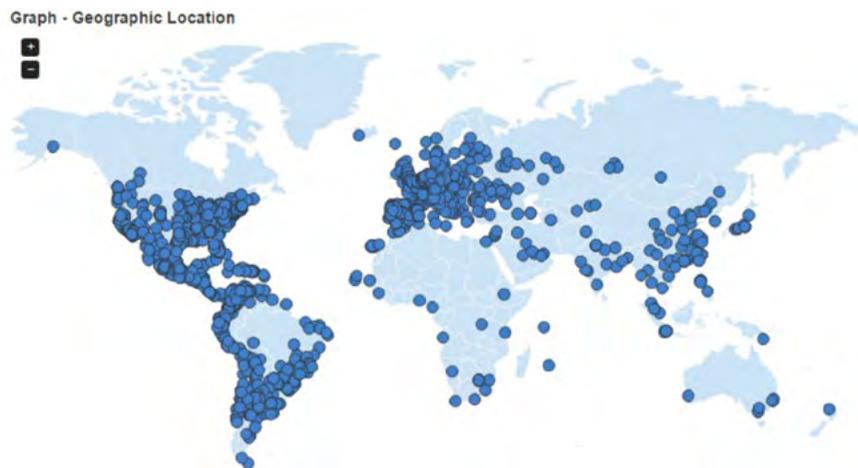
EN 2015 SE HAN
IMPARTIDO
11 979
HORAS
DE FORMACIÓN
EXTERNA



REVISTA E-MEDIDA

Un 2015 se editaron dos nuevos números de la Revista Española de Metrología (www.e-medida.es), el número 8 y el 9, cumpliéndose ya tres años desde el lanzamiento del primer número el 1 de marzo del 2012.

Este proyecto divulgativo de la metrología sigue avanzando en su consolidación, aumentando día tras día el número de lectores y de visitas. A finales de 2015 se contaba con más de 3 000 lectores registrados a la revista y a sus boletines, y en el último semestre de 2015, se recibieron 99 250 visitas al nº 8 desde muchos lugares del planeta, como se puede ver en el siguiente mapa:



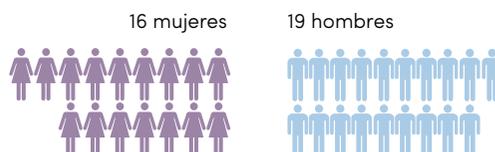
La línea editorial ha seguido contando con colaboraciones de destacados expertos nacionales e internacionales. Hay que destacar que el número 9 se ha dedicado a la luz y sus tecnologías asociadas, alineándose con la celebración del año internacional de la luz.



El equipo humano del CEM es su mejor activo, gracias a este grupo de excelentes profesionales comprometidos con su trabajo se ha conseguido mantener un elevado nivel de actividad a pesar de las limitaciones presupuestarias y de personal de los últimos años. La reducida oferta de empleo público y la política de amortización de plazas están impidiendo adaptar la plantilla de nuestro organismo a la evolución de nuestra actividad y a las demandas sociales e industriales. La continuidad y el relevo generacional del personal especializado es una preocupación constante en el CEM, convirtiéndose en un reto a afrontar en un futuro inmediato.

CEM 2015 PLANTILLA

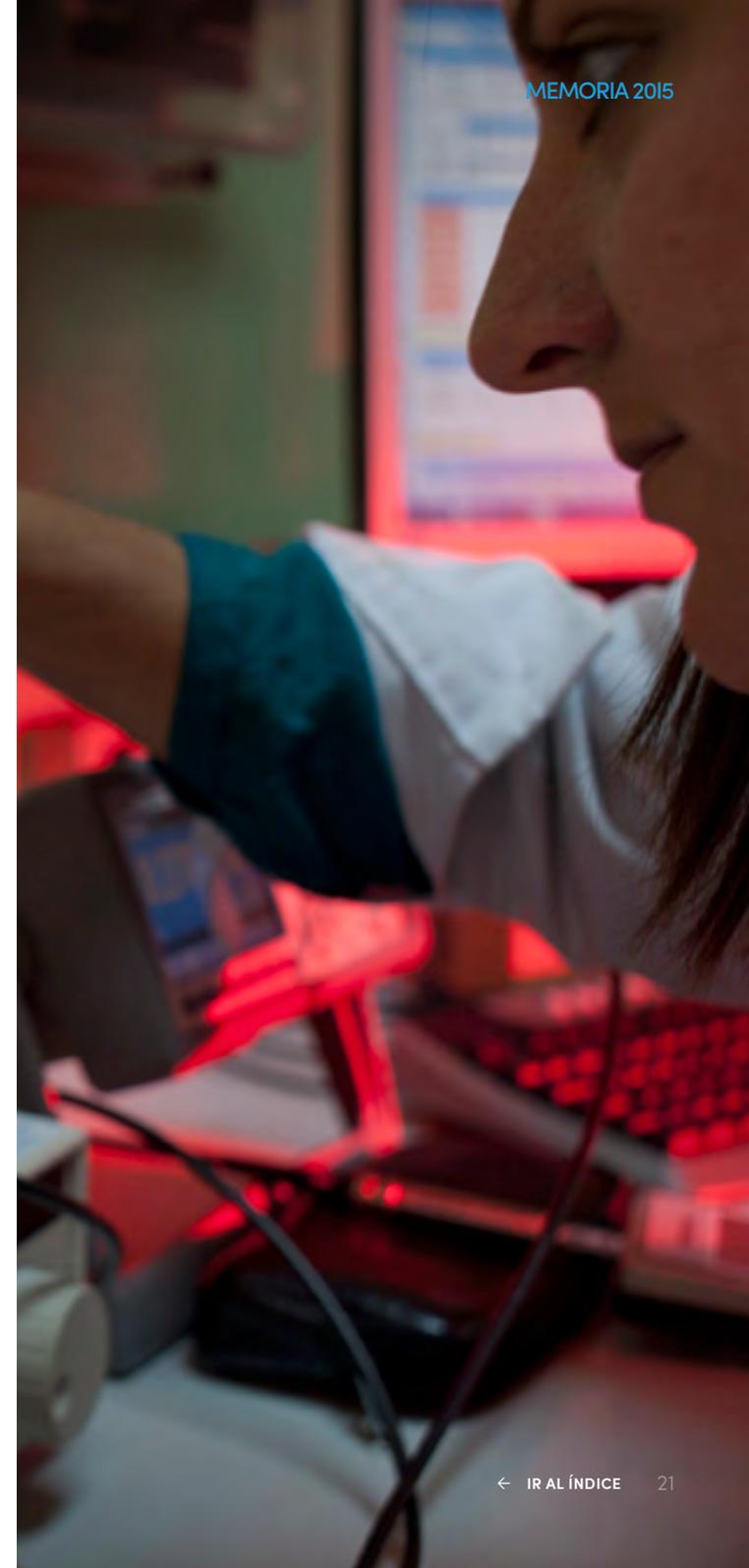
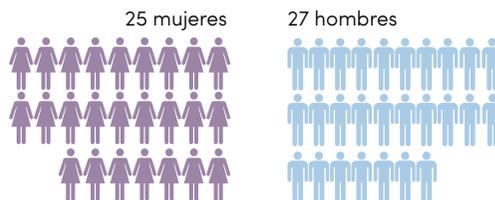
35 DOCTORES,
INGENIEROS,
LICENCIADOS



15 TITULADOS
MEDIOS



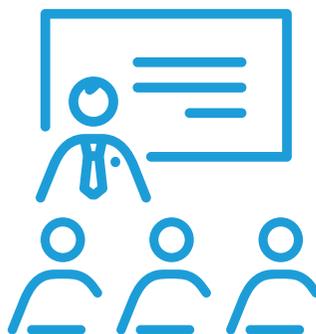
52 FPY OTROS

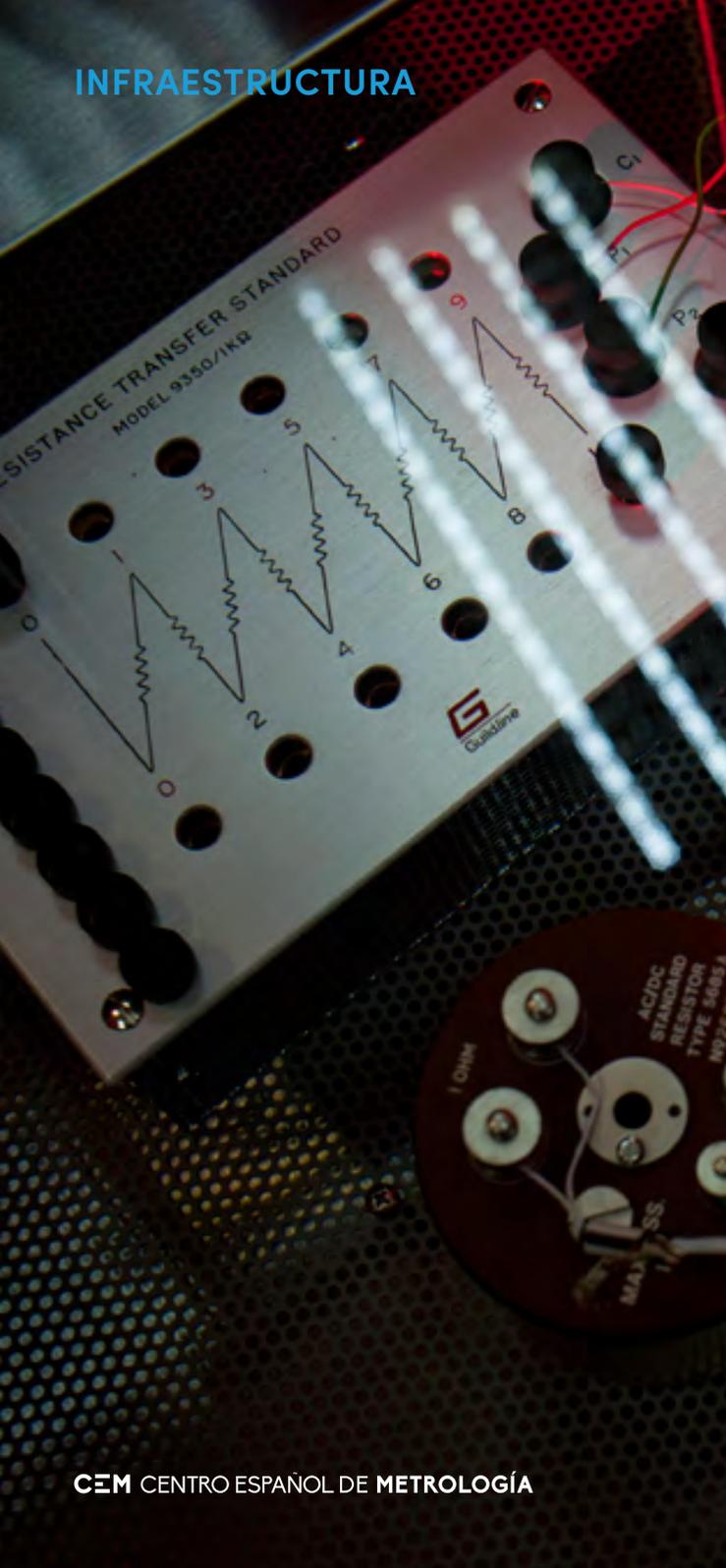


PROGRAMA DE FORMACIÓN INTERNA

La formación del personal es uno de los aspectos clave para el buen funcionamiento del CEM. Cada año se elabora con detalle un programa de formación interna para optimizar los recursos disponibles. Se diseñan los cursos a la medida de las necesidades del organismo y se imparten en muchas ocasiones con personal propio, como es el caso del curso sobre el nuevo marco legal de la metrología en España y Europa y el curso de Gestión de la calidad (Norma UNE EN ISO 17025). En otras ocasiones es necesario contar con personal externo con la máxima cualificación como fue el curso avanzado de metrología con máquinas de medición por visión.

EN 2015 SE HAN
IMPARTIDO
3 227
HORAS
DE FORMACIÓN
INTERNA





- ▶ Se ha desarrollado un nuevo sistema “Build up” para la máquina de 10 MN. Este conjunto de transductores de fuerza servirá como nueva referencia a la máquina de 10 MN que actualmente está desarrollando el CEM. Permitirá una mejora considerable de las características metrológicas de dicha máquina, con la que se espera obtener incertidumbres expandidas relativas de medida del orden de 2×10^{-4} , para una probabilidad de cobertura del 95 %.
- ▶ El CEM dispone de un nuevo comparador de 1000 kg. Este comparador es la parte fundamental del sistema de calibración automática para grandes masas. Sus prestaciones han permitido mejorar considerablemente las capacidades de medida y calibración para el laboratorio de masa, lo cual ya ha sido reconocido y publicado por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas.
- ▶ Se ha realizado la automatización y mejora del patrón nacional de potencia por muestreo digital mediante el uso de técnicas basadas en redes neuronales, con el objetivo de optimizar el mantenimiento de los patrones de potencia y energía. Esto ha permitido una significativa mejora de las capacidades y de los valores de incertidumbres, obteniéndose valores de incertidumbres relativas del orden de 40×10^{-6} , lo que supone una mejora de tres órdenes de magnitud.
- ▶ El laboratorio de cinemómetros ha adquirido un nuevo vehículo de altas prestaciones que, una vez dotado con el nuevo sistema de medida de velocidad y distancia basado en sensores optoelectrónicos, formará un eficaz y mejorado sistema de referencia para medidas de velocidad y distancia en movimiento. También se ha habilitado un área dedicada a la nueva línea de caracterización de antenas, formada por un servomotor con controlador y cableado, y que acogerá también la nueva instrumentación en desarrollo, para la simulación de antenas.
- ▶ La sección de analizadores de gases y opacímetros especiales ha adquirido un titulador de Karl Fischer por método coulombimétrico y un cromatógrafo de gases, al objeto de poder certificar disoluciones hidroalcohólicas para la realización de ensayos de etilómetros.
- ▶ Para completar el sistema de caracterización de la respuesta espectral absoluta de termómetros de radiación y radiómetros se adquirió un láser supercontinuo que, mediante el empleo del método de la radiancia, permite la calibración absoluta de este tipo de instrumentos y, por tanto, la medida directa y la disseminación de la temperatura termodinámica.

Continúa en página siguiente


 LAS EMISIONES DE CO₂ EN 2015 HAN DISMINUIDO UN **34,2%** RESPECTO A LAS EMISIONES DEL AÑO BASE 2011


 LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN 2015 FUE DE **456 211 kWh**


 SE HA OBTENIDO EL SELLO DE HUELLA DE CARBONO DE CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Viene de página anterior

- ▶ En respuesta a necesidades del sector gasista nacional para la medida de pureza en matrices gaseosas, determinando las trazas y subtrazas de impurezas de dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano y agua, el CEM ha adquirido un analizador de tipo espectrómetro de cavidad resonante que permitirá en breve poder ofrecer este nuevo tipo de servicios.
- ▶ Se ha mejorado el sistema para la medición automatizada de patrones a trazos bidimensionales, basado en un sistema interferométrico diferencial en combinación con un sistema óptico de detección de trazos, ampliándose la capacidad del software actual al reconocimiento de motivos de cualquier geometría, no necesariamente trazos rectilíneos, así como a la medición de distancias entre estos motivos. Esta mejora permite ampliar las capacidades de medida del equipo, de cara a nuestros clientes, y mejorar la participación del CEM en proyectos de investigación puntera.
- ▶ El laboratorio de mediciones angulares ha evaluado los errores de interpolación del *encoder* angular interno de la mesa patrón generadora de ángulos, y ha modificado el software del equipo para tener en cuenta dichos errores y poder corregir entre trazos. Esta corrección permite la disminución de la incertidumbre de uso del ge-

nerador angular en la calibración de patrones e instrumentos angulares.

- ▶ El laboratorio de calidad superficial se está beneficiando de los avances del proyecto para desarrollar un microscopio de fuerza atómica metrológico, pudiendo trabajar ya con patrones que han recibido trazabilidad directa del patrón nacional a través de las medidas realizadas con el conjunto nanoposicionador-sensor óptico láser. Así, los patrones que se usan tanto en la técnica de perfilometría como en la de microscopía interferencial irán recibiendo trazabilidad al metro, mejorando las capacidades de medida y calibración tanto por disminución de la incertidumbre como por aumento del rango. Este proceso ha sido avalado por los excelentes resultados obtenidos en la comparación clave EURA-MET.L-K8.2013 relativa a la medida de patrones de rugosidad usando la técnica de perfilometría de contacto.

EL CEM, COMO CABEZA DE LA INFRAESTRUCTURA NACIONAL DE METROLOGÍA Y COMO PARTE DE LA RED INTERNACIONAL DE INSTITUTOS NACIONALES DE MEDIDA, HA FOMENTADO DURANTE 2015 LAS ACTIVIDADES DE COLABORACIÓN CON INSTITUCIONES TANTO DENTRO COMO FUERA DE NUESTRAS FRONTERAS. EL CEM ASIMISMO ES PARTICIPANTE ACTIVO EN NUMEROSOS COMITÉS TÉCNICOS NACIONALES, IMPLICADOS EN ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS METROLÓGICOS Y DESARROLLO DE NORMATIVAS, ASÍ COMO EN COMITÉS INTERNACIONALES REPRESENTANDO Y DEFENDIENDO LOS INTERESES ESPAÑOLES EN MATERIA METROLÓGICA.

Nacional

- ▶ **Colaboración con universidades.** Durante 2015 se ha colaborado en proyectos conjuntos de investigación en diversas temáticas relacionadas con los grandes retos del Horizonte 2020, como medioambiente o energía, con diversas universidades españolas como la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad de Valladolid o la Politécnica de Barcelona.

También se han establecido sendos convenios de cooperación educativa con las Universidades de Vigo y con la Universidad Complutense de Madrid con el objetivo de facilitar la preparación para el ejercicio profesional del alumnado universitario en el campo de la metrología, contribuyendo de esta forma en su futuro desarrollo profesional y acceso al mercado laboral.

- ▶ **Infraestructura de la calidad.** Como en años anteriores se ha seguido trabajando con las dos instituciones que representan los otros dos pilares básicos de la infraestructura nacional de la calidad: ENAC y AENOR. El CEM ostenta la presidencia de diversos subcomités técnicos de calibración de ENAC así como la del comité técnico de normalización en metrología CTN 82

y el grupo GET15 “Nanometrología” de AENOR. Asimismo se ha continuado la relación estrecha que el CEM mantiene con la Asociación Española para la Calidad tanto en su comité de metrología como en otros grupos de trabajo.

Internacional

- ▶ **Apoyo al desarrollo metrológico europeo.** El CEM ha firmado en 2015 un memorando de entendimiento con el instituto nacional de metrología de la República de Macedonia (BoM). En el marco de este convenio varios técnicos de dicho instituto nos han visitado y han recibido formación en el campo de la termometría y de la preparación de materiales de referencia de mezclas de gas. También se está llevando a cabo una comparación de termopares que permitirá al BoM sustentar sus capacidades de medida y calibración de este tipo de termómetros.
- ▶ **Colaboración con Latinoamérica.** En 2015 la colaboración del CEM con Latinoamérica se

Continúa en página siguiente

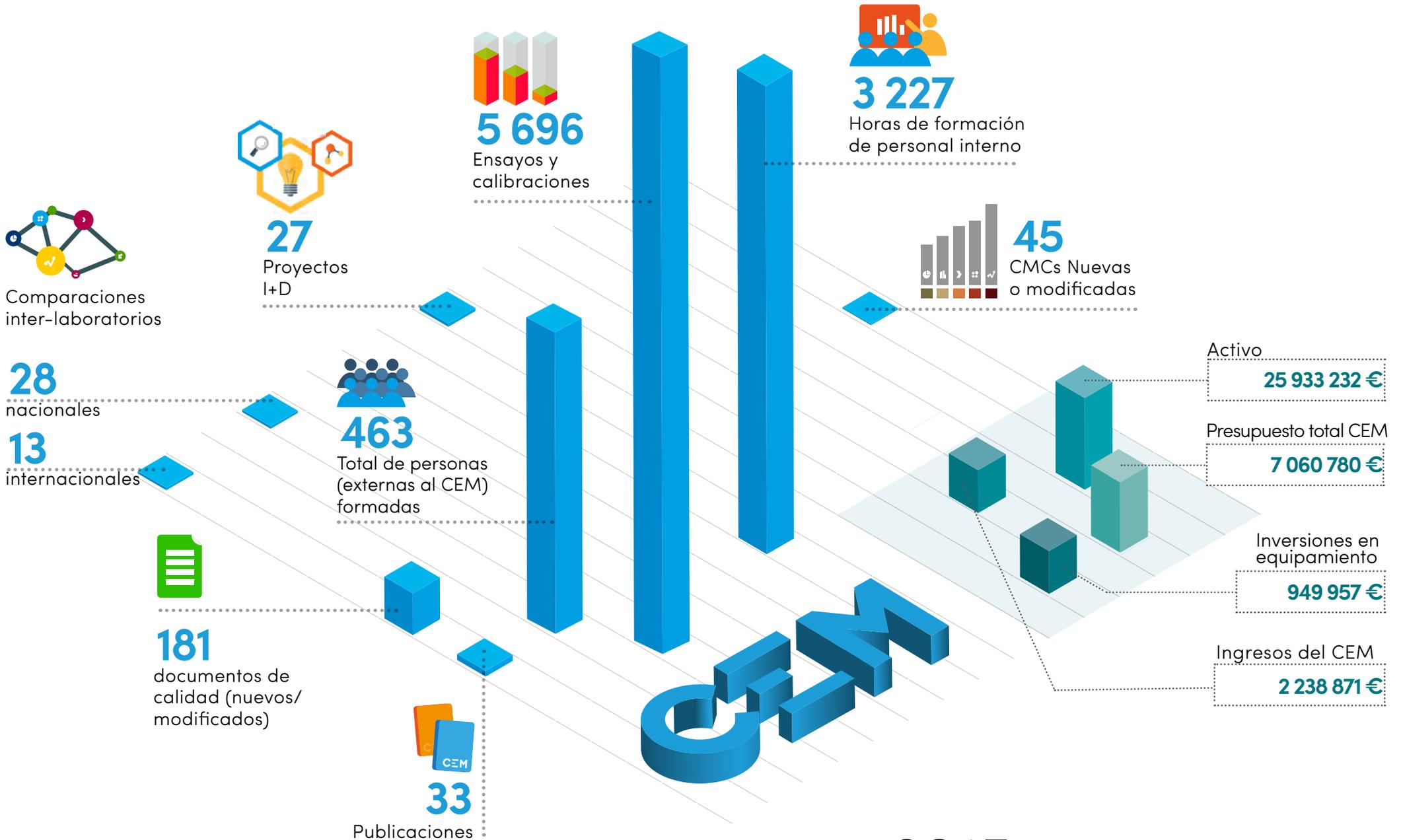
Viene de página anterior

ha visto beneficiada por la firma de un memorando de entendimiento con INM, el instituto nacional de metrología colombiano. Gracias a este acuerdo, se favorecerá el intercambio de experiencias en infraestructura metrológica y se fomentará la participación conjunta en actividades relacionadas con el Acuerdo de Reconocimiento Mutuo del Comité Internacional de Pesas y Medidas (ARM-CIPM).

- ▶ [El CEM, miembro activo de la comunidad metrológica internacional.](#) La participación del CEM

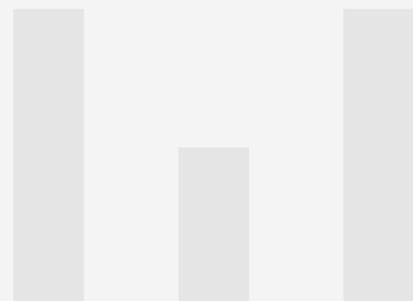
en comités internacionales del BIPM, OIML, EURAMET o WELMEC ha seguido siendo muy activa. Como ejemplos cabe destacar la reelección del Director científico del CEM, por dos nuevos años, como miembro de la junta directiva de EURAMET. También es importante resaltar la labor que durante cuatro años ha llevado a cabo la jefa del área de masa del CEM como presidenta del comité técnico de masa de EURAMET.

EL CEM HA FIRMADO 6 NUEVOS ACUERDOS Y CONVENIOS DE COLABORACIÓN EN 2015



HACIENDO BALANCE DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS Y LOS LOGROS OBTENIDOS, SE PUEDE CONCLUIR QUE EL PERIODO 2015 HA SIDO POSITIVO, AUNQUE NO HAYA SUPUESTO UN AVANCE SUSTANCIAL EN LAS ACTIVIDADES DEL ORGANISMO, DADO EL MARCO RESTRICTIVO QUE LO HA CARACTERIZADO.

2015



PRESIDENTA

Sra. D^ª. Begoña Cristeto Blasco,
Secretaria General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa y Presidenta del CEM, sustituye a Sr. D. Luis Valero Artola

VICEPRESIDENTE

Sr. D. Fernando Ferrer Margalef,
Director del CEM

SECRETARIO

Sr. D. Ricardo Robles Montaña,
Secretario General del CEM

VOCALES

Sr. D. Angel Silván Torregrosa, M^º de Asuntos Exteriores

Sr. D. Bartolomé Marqués Balaguer, M^º de Defensa

Sr. D. Clemente López Bote,
sustituye a Marina Villegas Gracia, M^º de Economía y Competitividad

Sr. D. Jaime Moreno García -Cano, sustituye a Federico Fernández Alonso, M^º del Interior

Sr. D. José Manuel Cendón Alberte,
M^º de Fomento

Sr. D. Pedro de María Martín,
Ministerio de Industria, Energía y Turismo

Sra. D^ª. Clara Randulfe Sánchez,
Ministerio de Industria, Energía y Turismo

Sr. D. Miguel Vizcaíno Calderón,
Abogado del Estado, Jefe Asesoría Jurídica del M^º de Industria, Energía y Turismo

Sr. D. José Abellán Gómez, M^º de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Sr. D. Fernando Belda Espulgues,
sustituye a D. Carmen Rus Jiménez, M^º de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Sr. D. Juan José Jul Rodríguez, M^º de la Presidencia

Sra. D^{ña}. Ardenia Sanz Gómez,
M^º de Hacienda y Administraciones Públicas

Sr. D. Angel Manuel Suárez Iglesias, M^º Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad

Sr. D. Joaquín Campos Acosta,
Instituto de Óptica "Daza Valdés" (CSIC), sustituye a D. Antonio Corrons Rodriguez

Sr. D. Manuel López Cachero,
Asociación Española de Normalización y Certificación

Sr. D. José Manuel Prieto Barrio,
sustituye a D. Antonio Muñoz Muñoz, Entidad Nacional de Acreditación

Sra. D^ª Teresa López Esteban,
Agencia Española de Seguridad Alimentaria, sustituye a D^ª. Gemma Rauret Dalmau

Sr. D. Miguel A. Villamañán Olfos,
Universidad de Valladolid

“Esta Memoria del Centro Español de Metrología
corresponde al ejercicio cerrado
el 31 de diciembre de 2015”

NIPO 074-16-002-4

