

m̄16

CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA

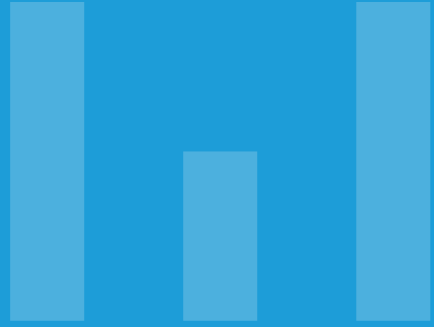
# MEMORIA 2016



*«...los logros de una organización son el resultado de los esfuerzos combinados de cada individuo»*

Vince Lombardi

*El pensamiento de Vince Lombardi es una realidad contrastada en la actividad, en los avances y en los desarrollos logrados durante los últimos años en el Centro Español de Metrología, como resultado de la ilusión, la vocación, el compromiso, la dedicación y la profesionalidad de su plantilla.*



04

PRESENTACIÓN

05

VISIÓN Y MISIÓN

06

NUESTRA ACTIVIDAD

Ensayos y calibraciones

06

Desarrollo legislativo

10

Investigación y desarrollo

12

Formación y difusión

21

24

NUESTRO EQUIPO

25

FORMACIÓN INTERNA

26

INFRAESTRUCTURA

28

COOPERACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL

29

EL CEM EN CIFRAS

30

RELACIÓN DE MIEMBROS DEL CONSEJO RECTOR  
DEL CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA

## PRESENTACIÓN

Un año más, a través de esta Memoria, queremos poner de manifiesto la relevancia de la Metrología y por ende el trabajo que se realiza en el Centro Español de Metrología (CEM), innovando día a día para aportar soluciones a los retos tecnológicos que se plantean, con mediciones fiables y trazables, y sustentando y haciendo avanzar el conocimiento de acuerdo a las necesidades de nuestra sociedad.

Prueba de ello fue la gran acogida que tuvo el séptimo seminario inter-congresos, celebrado el 20 de mayo de 2016. Fue una oportunidad más para hacer notar el papel transversal de la metrología en todas las ciencias y, a su vez, divulgar el conocimiento metrológico que se genera desde instituciones como la nuestra.

Merece una mención especial en el año 2016 la aprobación del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, por el que se desarrolla la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología. Un proyecto de envergadura, que además de desarrollar la Ley de Metrología transponía a nuestro ordenamiento tres directivas comunitarias. Se abordaron, en este real decreto, cuestiones que han pasado algo desapercibidas, pero que tienen una especial transcendencia. Sin ánimo de ser exhaustivo, podría citar la trazabilidad, que adquiere carta de naturaleza por primera vez en un texto normativo. Asimismo, se incluye por primera vez una regulación independiente y sistemática de los agentes económicos: obligaciones de los fabricantes, de sus representantes, de los importadores, y de los distribuidores. Además, ocupan un lugar relevante en el real decreto las cuestiones relativas a la vigilancia de mercado, mecanismo imprescindible para proteger a los ciudadanos. También, señalar la seguridad jurídica que se gana con la regulación de los organismos designados recogidos en el artículo 19 de la Ley de Metrología: organismos notificados, de control metrológico y autorizados de verificación metrológica.

En el ámbito de la metrología científica, la labor investigadora del CEM ha seguido aumentando en este año 2016, siendo cuatro los nuevos proyectos EMPiR aprobados en los que el CEM ha iniciado su participación. Destacan las actividades relacionadas con el nuevo SI, (nuevas definiciones de las unidades basadas en constantes de la naturaleza, por ejemplo, unidades de masa y de temperatura), y la aplicación de técnicas de medida más exactas y trazables en procesos industriales de última generación. En esta memoria podrán encontrar los proyectos que el CEM está llevando a cabo en ámbitos tan distintos como el medioambiental y energético, o el de la seguridad vial.

Todo ello, sin menoscabo de nuestra labor formativa y divulgadora. A la cabeza, como punta de lanza, hay que hablar de la revista e-medida, un canal de comunicación y divulgación de la metrología, en todas sus vertientes, tanto el campo científico, como el industrial y el legal, sin olvidar la metrología histórica. Cada vez es más difícil sacar adelante este proyecto, fruto del esfuerzo personal de los que colaboran activamente en él. Desde aquí quiero agradecer su dedicación, sin duda más allá de lo que puede ser exigible.

Por último, como siempre un reconocimiento al personal del CEM, que en tiempos difíciles, con menos efectivos que en 2015, ha estado a la altura, demostrando que la metrología para nosotros es sinónimo de rigurosidad, seriedad, eficiencia e imagen de fiabilidad en lo que hacemos.

JOSÉ MANUEL BERNABÉ SÁNCHEZ  
Director

## MISIÓN

- Desarrollar y apoyar una adecuada infraestructura nacional de metrología, eficiente e internacionalmente reconocida basada en la alta calidad y solidez de la ciencia, la investigación y el desarrollo aplicado, teniendo en cuenta las necesidades presentes y futuras de la industria, el comercio, la sociedad y las Administraciones Públicas.
- Promover y divulgar la enseñanza de la Metrología, soporte básico de cualquier conocimiento y desarrollo científico-técnico posterior.
- 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.

## PLAN

Ser la Referencia Nacional en el desarrollo de los patrones de medida, de aplicaciones técnicas y métodos de medición y en el desarrollo de la regulación de la metrología, ayudando a España a ser más competitiva y sostenible a través del conocimiento y la innovación.



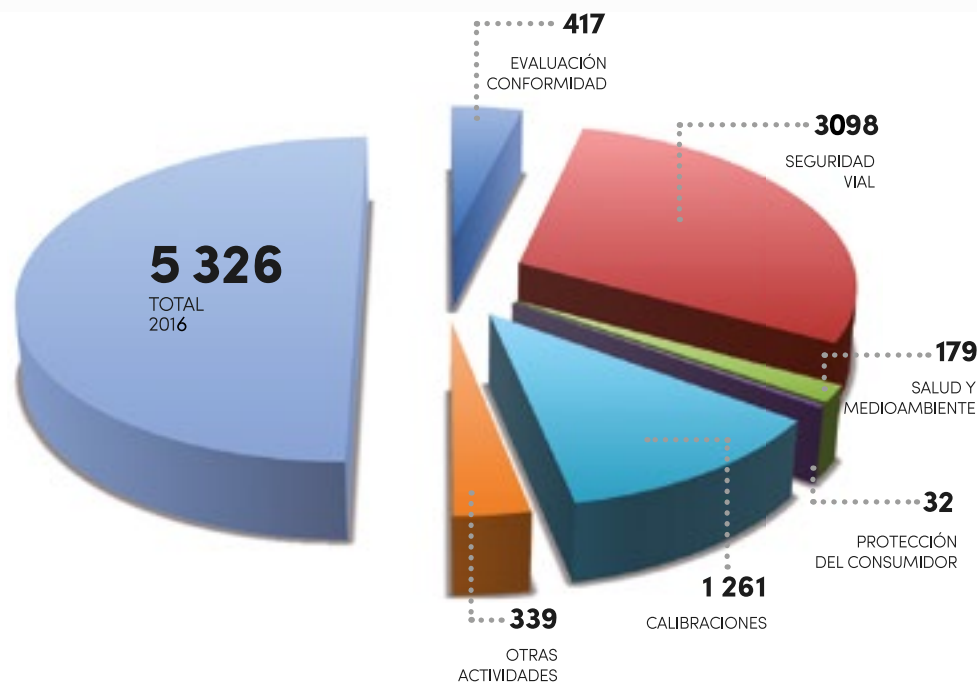
A pesar de la disminución de recursos humanos en un 5,9 %, producida durante 2016, la actividad del CEM se ha mantenido al mismo nivel que en los últimos años, incluso puede destacarse el aumento, en un 13 %, de las actividades ligadas a la seguridad vial, como son los ensayos y verificaciones de cinemómetros y etilómetros.

En general, durante 2016, se ha trabajado para atender las necesidades de los distintos sectores industriales que requerían nuevas capacidades de medida y menores incertidumbres asociadas a los resultados de las calibraciones y ensayos, priorizando dar respuesta tanto a sectores estratégicos del país, como a servicios que no podían ser atendidos en el ámbito privado. Además, se ha seguido mejorando el servicio en relación a la atención al cliente recogiendo e implantando sus sugerencias.

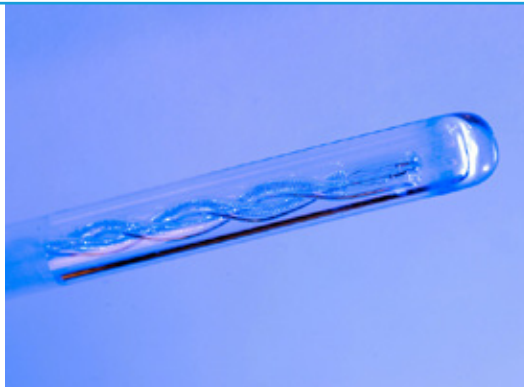
La lista actualizada de servicios puede ser consultada en nuestra página web.

[→ SERVICIOS DEL CEM](#)

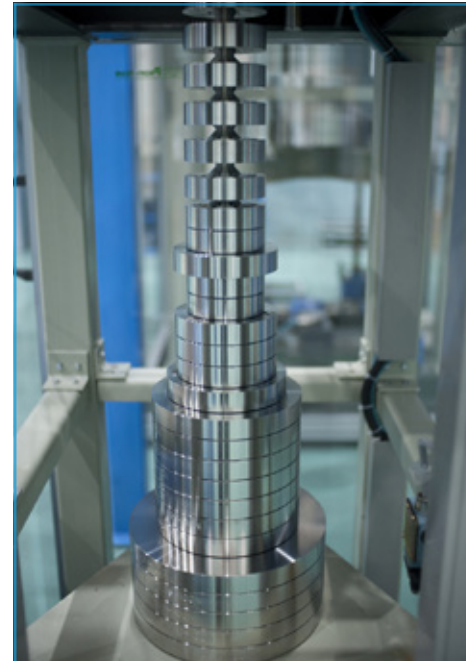
**ACTIVIDADES CEM 2016**



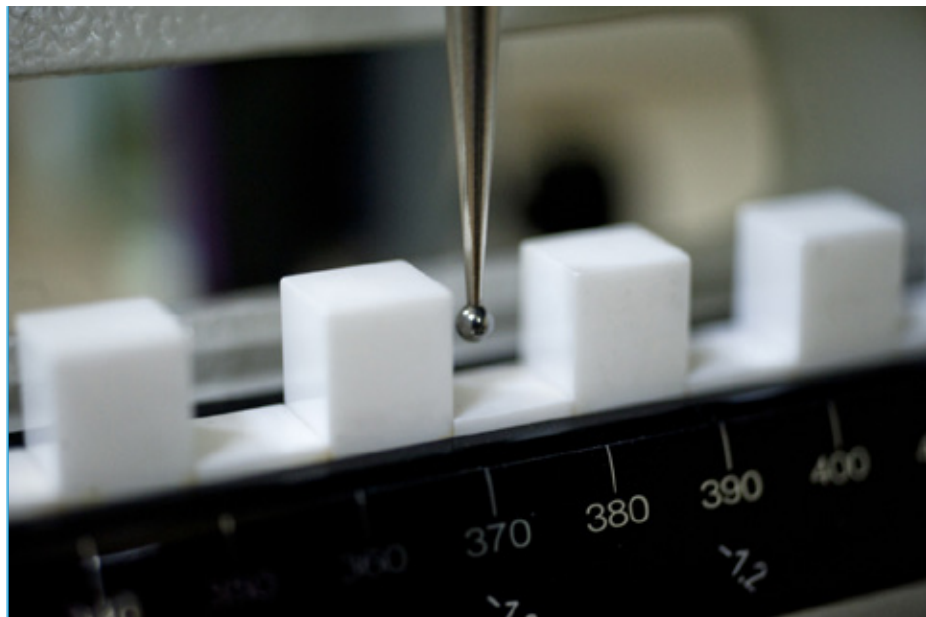
Durante 2016 se han mantenido y mejorado los patrones disponibles, disminuyendo, en ciertos casos, las incertidumbres de medida de los mismos. Entre otras actividades se pueden resaltar:



- Proceso de asignación de valores al grupo de seis células que mantienen el punto triple del agua
- Evaluación del uso de distintas fuentes de radiación en la calibración de termómetros de radiación



- Reinicio de la máquina de 500 kN y estudio pormenorizado de sus factores de influencia
- Puesta en marcha del servicio de calibración de micropipetas
- Continuación del estudio del marcado con láser en pesas de 50 kg, clase mejor que E<sub>2</sub>
- Optimización del funcionamiento de la máquina de 10 MN



- Comparación entre los láseres de referencia CEM-3 y CEM-2, determinando los valores de frecuencia de la matriz de picos de sintonización y la incertidumbre de emisión de cada láser
- Reevaluación de los errores de interpolación del codificador angular interno de la mesa patrón generadora de ángulos, que materializa el patrón nacional de ángulo plano
- Calibración de los láseres que forman parte de los sistemas interferométricos del nanoposicionador NMM-1



- Caracterización del grupo de referencia de tensión Zener, referenciando las calibraciones internas y externas efectuadas
- Materialización, en varias ocasiones, del patrón de potencia y energía mediante muestreo digital, integrado mediante redes neuronales y caracterización de los sistemas de medida de potencia y energía
- Desarrollo del nuevo sistema de escalado de tensión
- Desarrollo y montaje del nuevo sistema de medida de carga eléctrica
- Optimización y significativa mejora del puente de Warshawsky
- Optimización y mejora del sistema patrón de transferencia resistivo PTR
- Desarrollo de un software de caracterización de convertidores analógicos digitales

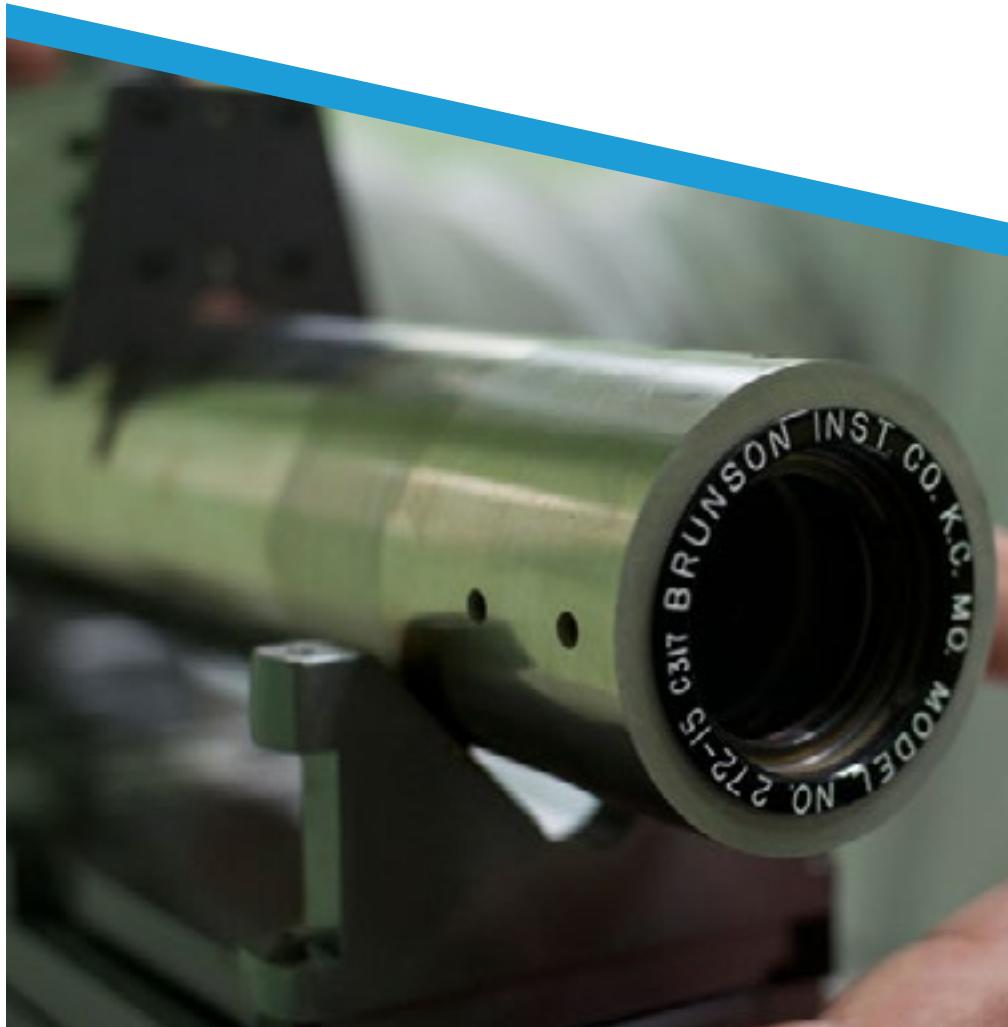
## NUEVAS CAPACIDADES EN RESISTENCIA

Se ha participado en el proceso de revisión de CMCs «EURAMET.13.2015», consiguiendo la aprobación, y en abril 2016 su publicación en la base de datos del BIPM, de 3 nuevos servicios correspondientes a patrones de resistencia en corriente continua. Son relativos a puentes de medida de lectura directa de relación de resistencias en valores desde  $1 \text{ m}\Omega$  a  $1\ 000 \text{ G}\Omega$ , con valores de incertidumbres comprendidas entre  $0,07 \mu\Omega/\Omega$  a  $150 \mu\Omega/\Omega$ . Corresponden al laboratorio de resistencia corriente continua.





## PUBLICACIÓN DEL NUEVO **REAL DECRETO** POR EL QUE SE DESARROLLA LA NUEVA LEY DE METROLOGÍA



Este año ha tenido como protagonista principal la publicación del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio por el que se desarrolla la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología. Este real decreto desarrolla los capítulos II, III y V de la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología y transpone la Directiva 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 (refundición), la Directiva 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 (refundición) y la Directiva Delegada (UE) 2015/13 de la Comisión, de 31 de octubre de 2014, por la que se modifica el anexo III de la Directiva 2014/32/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, en lo que se refiere al intervalo de caudal de los contadores de agua.

El 13 de abril de 2016 se publicó la norma traducida UNE-EN 45501:2016 «Aspectos metroológicos de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático», en la que el CEM participó en su elaboración.

Según notificación del 2 de agosto de 2016, la Comisión Europea designa al Centro Español de Metrología como Organismo Notificado, con el código 0300, para la Directiva 2014/31/UE Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático, así como para la Directiva 2014/32/UE de instrumentos de medida.

### COLABORACIÓN CON LA COMISIÓN DE METROLOGÍA LEGAL (CML)

El Centro Español de Metrología ha participado en las diversas reuniones de los 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 posibles interpretaciones que representantes de las diferentes comunidades autónomas han planteado respecto a la aplicación del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, por el que se desarrolla la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología.

Durante el año 2016, la CML del Consejo Superior de Metrología ha celebrado tres reuniones, la primera en el mes de abril en el Centro Español de Metrología (CEM), reunión en la que se presentó la nueva dirección del CEM, la segunda en Huesca en el marco del curso de verano de la UIMP y la tercera en el mes de diciembre en Sevilla, invitados por la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Junta de Andalucía.

En estas reuniones se han abordado diversos temas del campo de la metrología legal entre los que caben destacar: la aplicación del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, la actuación de los reparadores, el control de los precintos, la posibilidad de establecer vida útil para determinados instrumentos de medida y la actuación de los organismos notificados, de control y de verificación.

Además, en materia de desarrollo normativo, se ha iniciado la elaboración de una orden de desarrollo del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, en la que se van a regular las fases de comercialización y puesta en servicio de aquellos instrumentos no sujetos a legislación armonizada, y la fase de instrumentos en servicio para todos ellos.



Entre las funciones que el CEM tiene encomendadas por la ley fundacional, y desarrolladas en su Estatuto, está la ejecución de proyectos de investigación y desarrollo en materia metrológica, que constituye en estos momentos uno de los ejes troncales de la actividad del organismo como Laboratorio Nacional de Metrología. Esta tarea se ve reforzada aún más si se tiene en cuenta el entorno europeo de una sociedad del conocimiento, muy competitiva, que se mueve hacia la especialización e integración. 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.

El CEM ha orientado su estrategia en los últimos años en la investigación y el desarrollo tecnológico y metrológico, entendidos como el motor para impulsar el conocimiento y el desarrollo de patrones y métodos de medida. El ámbito de referencia principal, elegido por el CEM para orientar su actividad de I+D, se sustenta en los programas europeos de investigación en metrología y en las

pautas y directrices establecidas en los Comités técnicos de EURAMET y los Comités Consultivos del CIPM.

Los principales temas de investigación abordados en la actualidad son, por un lado, los relacionados con el nuevo Sistema Internacional (SI), (nuevas definiciones de las unidades basadas en constantes de la naturaleza, p.e. unidades de masa y de temperatura), y, por otro, la aplicación de técnicas de medida más exactas y trazables en procesos

industriales de última generación.

Ahora, además, se nos presenta un reto apasionante con la segunda revolución cuántica, en la que las propiedades cuánticas de los átomos (el entrelazamiento y la superposición de estados) traerán importantes avances en ciencia, tecnología, industria y sociedad. Nuevos sensores y patrones basados en estas propiedades esperan ser la base de la metrología futura y es hacia donde la I+D europea en metrología dirige su atención.



I+D+i en ingeniería de precisión y nanotecnología

Nanotecnología

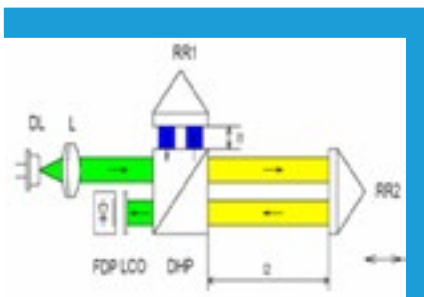
Mejora de los procesos de medición y las interacciones sonda muestra, efectos (cuánticos) en sistemas mesoscópicos y caracterización metrológica de nuevos materiales artificiales (metamateriales), dispositivos y nanoestructuras.

Desarrollo de nuevas tecnologías de medición para el rango e 1 nm a 100 nm, así como microscopía cuantitativa de alta resolución.



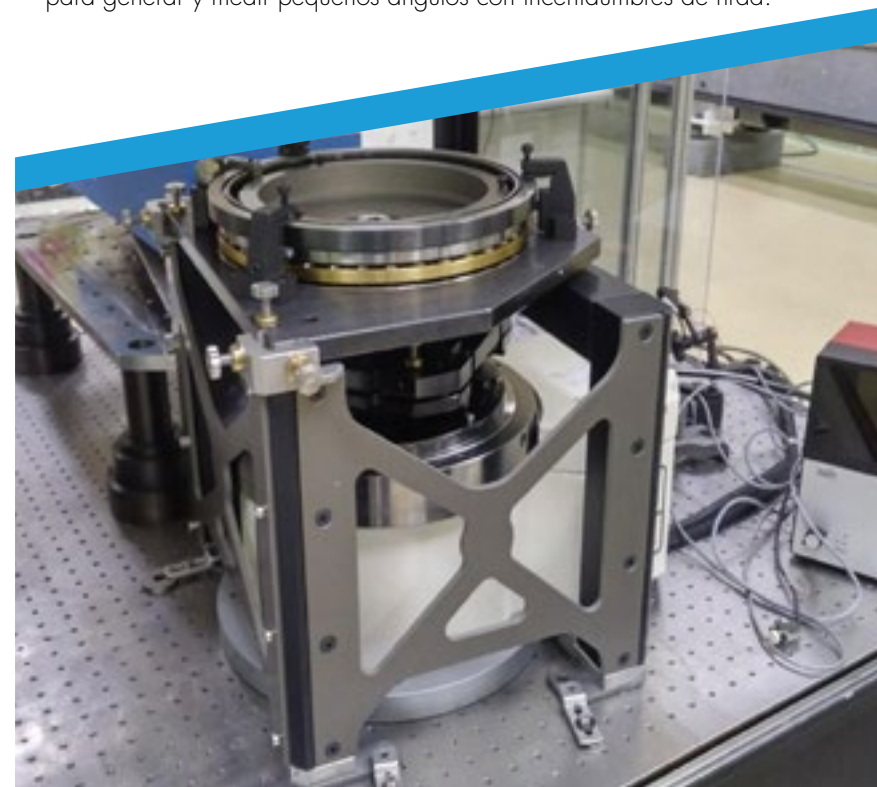
Proyecto TRATELO (Plan Nacional de I+D 2013)

Este proyecto, en el que también participa el Área de Electricidad y Energía, establece una ruta de trazabilidad entre los patrones de longitud y de tensión eléctrica mediante una nueva técnica basada en la estabilización espectral intrínseca de un diodo láser y la relación existente entre la tensión de alimentación del diodo y la longitud de onda emitida por éste.



Proyecto EMRP SIB58 «Angles»

El objetivo de este proyecto es la caracterización metrológica de autocolimadores y la mejora de prestaciones en aplicaciones generales, así como el desarrollo de nuevos generadores de pequeños ángulos y dispositivos híbridos para generar y medir pequeños ángulos con incertidumbres de nrad.



**Magnitudes mecánicas y realización del kilogramo**

Estudios para la mejora de la realización del kilogramo

- ▶ Utilización de esferas de Si como patrones de masa.
- ▶ Desarrollo de un procedimiento óptimo de limpieza.
- ▶ Estudio de la estabilidad de pesas marcadas con láser y la influencia de la magnetización de las pesas en la determinación del valor de la masa.

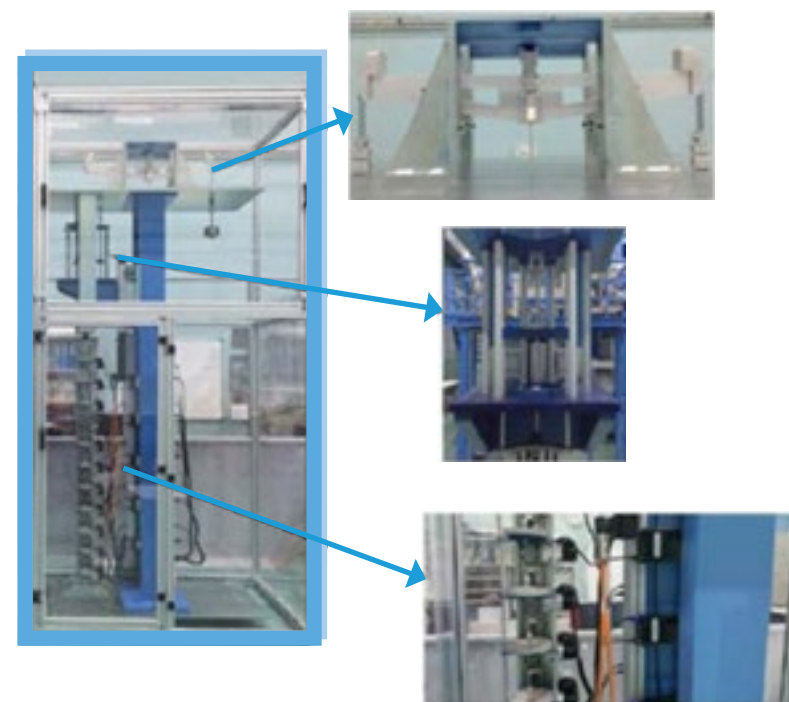


Máquina de microfuerzas

Máquina de carga directa que proporcionará trazabilidad en el rango de 100 N a 0,1 N. Para poder generar fuerzas en un rango tan amplio dispone de varios conjuntos de masas, cada una de las cuales se puede cargar de forma independiente.

Máquina de par de torsión de 10 kN·m

Máquina de carga directa cuyo alcance y características constructivas la hace única en España y una de las pocas existentes a nivel mundial en su clase. El desarrollo del proyecto requiere un diseño tecnológico puntero y la utilización de materiales especiales tales como invar o tipos especiales de acero y aluminio.

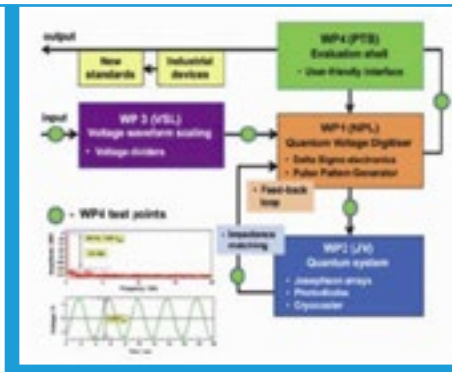


**Medidas eléctricas: hacia la metrología digital y los nuevos patrones cuánticos**

**EMPIR QuADC:**

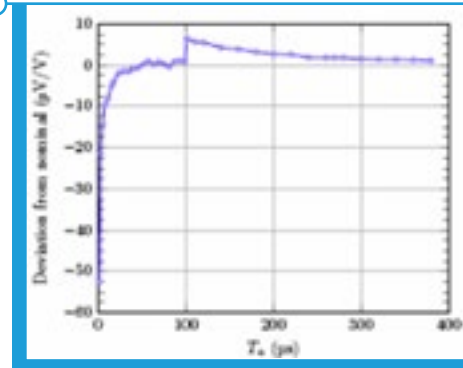
«Waveform metrology based on spectrally pure Josephson voltages»

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de aplicaciones de dispositivos cuánticos de tensión en corriente alterna al más alto nivel de exactitud.



**EMRP Q-WAVE:**

«A quantum standard for sampled electrical measurements»



El objetivo de este proyecto es fundamentalmente desarrollar patrones cuánticos basados en el efecto Josephson para dar trazabilidad a los sistemas de medida por muestreo digital.

**EMRP AIM-QuTE:**

«Automated impedance metrology extending the quantum toolbox for electricity»

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de nuevos tipos de puentes basados en técnicas digitales o en el patrón de tensión Josephson para extender las medidas de impedancia a valores arbitrarios de relación y de fase.



**EMPIR ACQ-PRO:**

«Towards the propagation of AC Quantum Voltage Standards» (proyecto coordinado por el CEM)

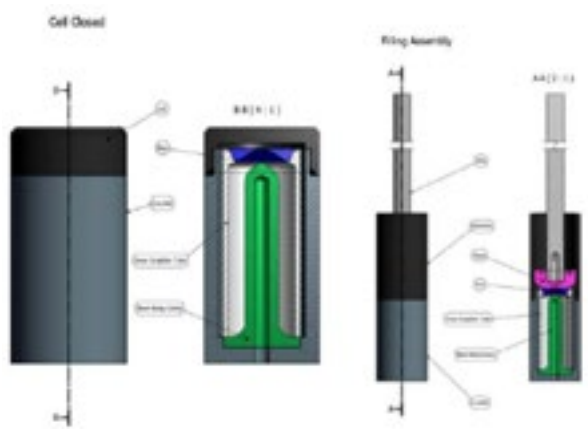
El objetivo de este proyecto es facilitar el acceso a los patrones cuánticos de tensión en corriente alterna a la mayoría de los institutos nacionales de metrología europeos.



**La medida de temperatura y el nuevo kelvin**

**Diseño y construcción de puntos fijos**

El CEM ha comenzado a diseñar y fabricar sus propios puntos fijos de la escala internacional de temperatura de 1990 (EIT-90) y de puntos fijos de mezclas eutécticas de metal-carbono para más de 1 100 °C.



**Desarrollo de nuevos tipos de termopares hasta 1600 °C**

Los ambientes hostiles y las condiciones de operación, sobre todo a temperaturas > 1 000 °C, limitan el uso de los termómetros de resistencia de platino como instrumento preciso de medida de temperatura. Los sensores más adecuados en estos entornos son los termopares, sin embargo, actualmente sus estabilidades y precisiones no son óptimas para algunos procesos. Por esta razón es necesario el desarrollo de nuevos sensores de termopares robustos que alcancen precisiones y fiabilidad cada vez mejores. El CEM ha desarrollado nuevos termopares de metales nobles que pueden ser calibrados en puntos fijos con exactitudes y estabilidades hasta 10 veces mejores que los tipos B, S y R.



**Proyectos EMPIR InK e InK2**

Se ha puesto a punto un laboratorio que permite la calibración en respuesta espectral absoluta de termómetros de radiación/radiómetros en longitudes de onda visibles e infrarrojas cercanas. En InK se ha participado junto a otros Institutos Nacionales de Metrología en la asignación de los valores de temperatura termodinámica de los puntos fijos del Cu, Co-C, Pt-C y Re-C (1 100 °C – 2 500 °C).



**Metrología Química**

**Proyecto EMPIR Hydrogen**

El hidrógeno utilizado en pilas de combustible para automóviles debe cumplir unas altas condiciones de pureza. Este proyecto europeo desarrolla especificaciones mejoradas para los requisitos de pureza y técnicas analíticas novedosas para el hidrógeno con el objetivo de revisar la normativa actual.



**Medioambiente y energía**

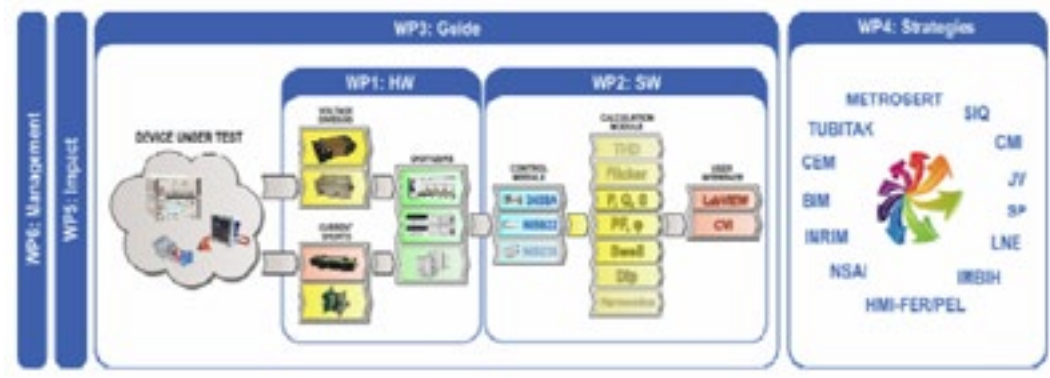
**Proyectos EMRP Meteomet y Meteomet2**

El objetivo de este proyecto es buscar la trazabilidad metrológica de las variables climáticas esenciales (ECVs). El CEM ha participado en la evaluación de factores de influencia y trazabilidad de estaciones meteorológicas automáticas (AWVs) y en el desarrollo de procedimientos de calibración de sensores de fibra óptica para la determinación de la temperatura del agua del mar.



**Proyecto EMPIR TracePQM:  
«Traceability routes for electrical power quality measurements»**

El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo y la validación de un sistema primario modular para la medida de potencia y parámetros de calidad de red mediante muestreo digital.



**Proyecto EMPIR IMPRESS**

El objetivo de este proyecto es desarrollar la infraestructura metrológica necesaria para la aplicación de las directivas de la UE que limitan las emisiones de gases contaminantes claves. El CEM colabora con la Universidad Carlos III de Madrid desarrollando patrones de mezclas de gas para proporcionar trazabilidad a técnicas hiperespectrales de medida de emisiones.



**Proyecto EMPIR Biogas**

El objetivo del proyecto BIOGAS es establecer procedimientos de medida validados para la determinación de impurezas clave, humedad, partículas, y propiedades termofísicas del biogás. El CEM, en colaboración con la Universidad de Valladolid, participa en las actividades relacionadas con la determinación de la capacidad calorífica y de la densidad del biogás.

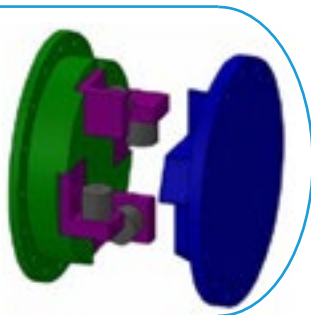




## Trazabilidad en la industria

### Proyecto EMPIR «MN·m TORQUE»

El objetivo de este proyecto es proporcionar trazabilidad en par de torsión a los bancos de ensayos de góndolas de generadores eólicos, parte fundamental de los mismos. En este proyecto también participa la fundación CENER-CIEMAT que tiene una de las mejores instalaciones del mundo para la realización de ensayos a los generadores eólicos.



### Proyecto EMPIR «PRES2VAC»

El objetivo de este proyecto es mejorar los patrones y procedimientos de medida en el rango de  $10^{-5}$  Pa a  $10^4$  Pa para presiones relativas y de 1 Pa a  $10^4$  Pa para presiones absolutas, así como facilitar la transferencia de dichas mejoras a la industria. El CEM participa en varias tareas relativas al desarrollo de medidores tipo FPG, columnas de mercurio y técnicas de calibración.



### Proyecto EMPIR GRACE: «Developing Electrical Characterisation Methods for Future Graphene Electronics»

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de procedimientos para la caracterización de las propiedades eléctricas del grafeno. Estos procedimientos serán de aplicación en la elaboración de nuevas normas por los comités técnicos de normalización.



### Proyecto EMRP IND62 «Traceable in-process dimensional measurement»

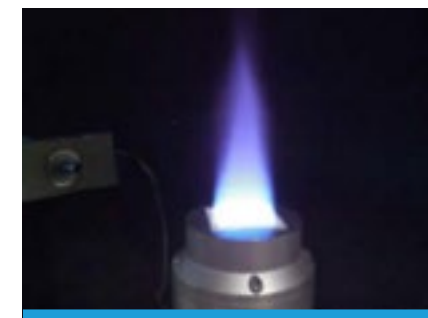
Los objetivos de este proyecto son:

- ▶▶ Establecer bases científicas y técnicas para el desarrollo de normas y procedimientos para evaluar y garantizar la trazabilidad de las mediciones «in-process».
- ▶▶ Desarrollar métodos para la implantación de mediciones dimensionales de alta exactitud en máquinas herramienta, mediante desarrollo de patrones materializados robustos y de alta precisión.
- ▶▶ Generar procedimientos y guías de buenas prácticas para garantizar la medición fiable con máquinas herramienta, con exactitudes de medida de algunos micrómetros por metro cúbico.
- ▶▶ Impacto tecnológico y económico en las industrias de fabricación y de la máquina herramienta.



### Proyecto EMPIR EMPRESS

El CEM participa con la Universidad Carlos III de Madrid en el desarrollo de técnicas de medida trazables de la temperatura de una llama patrón ( $> 2000$  °C) para su uso en la calibración de los sistemas de medida utilizados en la fabricación de motores de combustión. El sistema desarrollado está basado en la espectroscopia de imagen por transformada de Fourier en el infrarrojo.

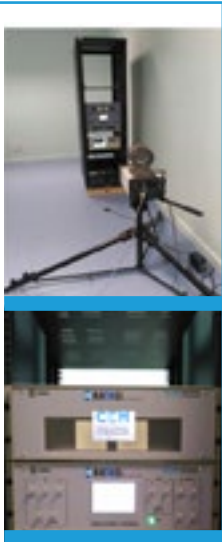


**Magnitudes dinámicas y de conteo**

**Simulador de objetivos**

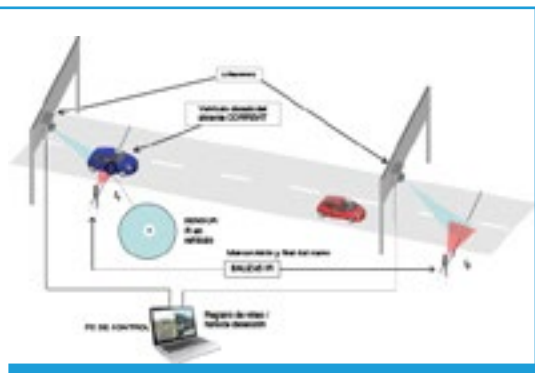
El estado de la técnica ha propiciado la aparición de radares de última generación que utilizan señales de onda continua con frecuencia modulada o multifrecuencia, capaces de identificar varios objetivos simultáneamente detectando su velocidad y posición. Para responder a este reto se ha desarrollado un nuevo simulador de objetivos como nuevo método de ensayo en los procesos de simulación en laboratorio.

El simulador de objetivos RATASI, desarrollado en colaboración con la empresa Indra, para los cinemómetros radar en las bandas de frecuencia de operación de 24 GHz y 34 GHz. De esta forma se dispone de un entorno de ensayo en laboratorio controlado que permite la verificación y validación de las mediciones de velocidad y distancia obtenidas de los cinemómetros.



**Sistema óptico en vehículo**

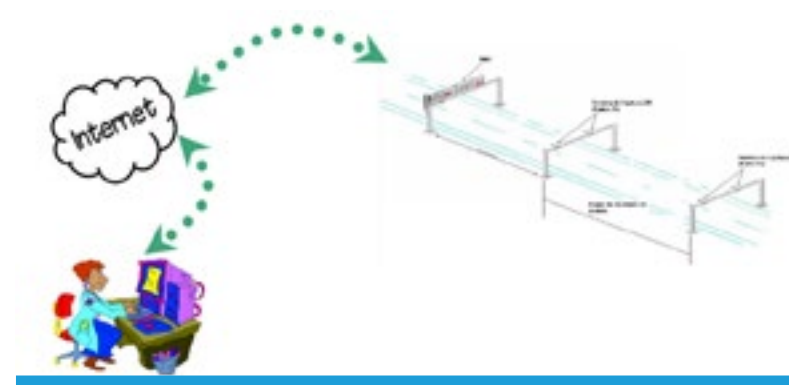
Este desarrollo tiene como objetivo la integración de un nuevo sistema óptico de medida de velocidad y distancia, en vehículo, para la evaluación de cinemómetros de tramo y en aeronave, y calibración de sistemas de verificación de taxímetros.



**Desarrollo de un sistema remoto para la evaluación de los radares en instalaciones fijas**

Se han establecido las líneas y realizado las pruebas preliminares para la implantación de un sistema automático para la ejecución de las verificaciones reglamentarias de los radares instalados en cabinas y pórticos a lo largo de nuestras carreteras.

Este proyecto se basa en el diseño y construcción de un equipo inteligente que iría instalado en la ubicación de cada radar y sea capaz de ejecutar las instrucciones dadas desde el CEM, como organismo verificador, mediante direccionamiento IP. El sistema permitiría recoger los datos registrados por el equipo in situ, vía WI-FI para descargar el resultado de las verificaciones o podría realizar la descarga a través de internet.



EN 2016  
SE ATENDIERON  
MÁS DE

**970**  
**CONSULTAS**

A TRAVÉS DE  
NUESTRA PÁGINA WEB



### AULA VIRTUAL

La formación virtual tiene un alcance mucho mayor que la formación presencial. Durante el año 2016 se ha impartido una edición del Curso Virtual de Metrología en sus tres niveles (básico, intermedio y avanzado) y una segunda edición sólo del nivel básico contando con un total de 87 alumnos. *Todas las actividades formativas del Aula Virtual del CEM han sido gratuitas.*

### CURSOS A MEDIDA

Una 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. Cabe destacar este año 2016 el curso impartido a KENAS, entidad de acreditación de Kenia.

EN 2016 SE HAN  
IMPARTIDO  
**5 233**  
**HORAS**  
DE FORMACIÓN  
EXTERNA



## REVISTA E-MEDIDA

Durante el año 2016 se han publicado los números 10 y 11 de la Revista Española de Metrología ([www.e-medida.es](http://www.e-medida.es)), cumpliéndose ya cuatro años desde el lanzamiento del primer número el 1 de marzo del 2012.

La revista ha demostrado ser una herramienta efectiva de divulgación de la metrología y de gran impacto en particular en la comunidad hispano hablante. El número de lectores y visitas ha seguido aumentando, consolidando con ello el proyecto divulgativo. En el año 2016 se recibieron más de 309 019 visitas, de muchos y variados lugares del planeta, como se puede observar en la imagen siguiente.

**309 019**  
**VISITAS**



A finales del año 2016 se contaba con más de 3 600 lectores registrados a la revista y a sus boletines.

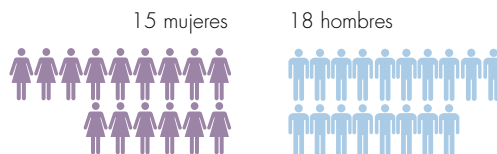
La revista ha renovado algunos miembros de su Consejo Editor para ser más plural y abierta a los diferentes usuarios de la metrología, aunque ha intentado mantenerse fiel a su línea editorial, contando con colaboraciones de destacados expertos nacionales e internacionales.



El capital humano del CEM es su mejor activo y el verdadero motor de su actividad. Este es un elemento clave para garantizar el servicio riguroso, transparente y competente que ofrece el CEM. Su competencia y conocimiento en las diferentes áreas de actividad ofrece un valor añadido a la organización adaptándose a las necesidades de los clientes para ofrecer el mejor servicio posible. Gracias a su cualificación, especialización, experiencia y compromiso con el trabajo se ha conseguido mantener el nivel de actividad a pesar de haberse producido un descenso del 5,9 % en el número de profesionales. A pesar de la cada vez más reducida plantilla, nuestro organismo intenta adaptarse a las numerosas demandas sociales e industriales existentes aunque, debido a las restricciones de personal de los últimos años, ésta sea una preocupación constante y un reto inmediato.

**CEM 2016**  
PLANTILLA

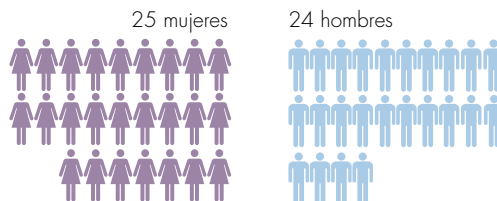
**33** DOCTORES,  
INGENIEROS,  
LICENCIADOS



**14** TITULADOS  
MEDIOS



**49** FP Y 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 de VISUAL BASIC. En otras ocasiones, es necesario contar con personal externo con la máxima cualificación como el curso sobre aplicaciones y uso de tecnologías del Hidrógeno en el transporte.

EN 2016 SE HAN  
IMPARTIDO  
**2413**  
**HORAS**  
DE FORMACIÓN  
INTERNA



Las inversiones en nuevos patrones, equipos e instalaciones han estado motivadas por el plan de inversiones 2015-2018 Rev. 1 y continúan, un año más, siendo muy limitadas y priorizadas a complementar instalaciones o sistemas empleados en el desarrollo de proyectos de I+D en curso, o para garantizar la continuidad de algunos servicios que actualmente se prestan.



- El laboratorio de termometría fundamental de radiación ha comenzado los trabajos para el desarrollo de la infraestructura necesaria para la calibración absoluta (en referencia a la temperatura termodinámica) de termómetros de radiación en el infrarrojo. Este nuevo desarrollo será útil tanto para investigación como para dar robustez a las actividades de diseminación de la temperatura de radiación.
- Intentando ampliar las capacidades de medida del CEM, en respuesta a los requerimientos del sector gaseista nacional, se ha adquirido un nuevo analizador específico de  $\text{SO}_2$  lo que permitirá tanto realizar análisis de gases, como organizar comparaciones nacionales, siendo éste el primer paso para la preparación de mezclas de gas de referencia con este componente.
- El laboratorio de mediciones angulares ha adquirido un codificador angular, un dispositivo de centrado de apertura acoplable a autocolimador fotoeléctrico y un espejo plano paralelo. El dispositivo de centrado de apertura permitirá mejorar la repetibilidad de las lecturas realizadas mediante autocolimadores fotoeléctricos, reduciendo la incertidumbre de distintas calibraciones angulares. Asimismo, se ha modificado el software de control del generador angular CEM-TEK, introduciendo la opción de realizar el posicionamiento final mediante un actuador piezoeléctrico, y hacer que el lazo de control dependa del autocolimador con el que se realiza la lectura en lugar de depender del propio generador. Esta mejora de la capacidad de accionamiento permitirá acometer nuevas calibraciones, como las de codificadores angulares de alta exactitud.
- El laboratorio de calidad superficial ha adquirido 2 patrones verticales, de  $1\ \mu\text{m}$  y  $5\ \mu\text{m}$ , y un patrón de ampliación compuesto por 7 ranuras, con profundidades entre  $1\ \mu\text{m}$  y  $900\ \mu\text{m}$ , específicos para dotar de trazabilidad en la coordenada Z a equipos de medida de acabado superficial como perfilómetros, rugosímetros y microscopios interferenciales, lo que permitirá mejorar las capacidades de medida y calibración del laboratorio. La calibración de dichos patrones se realiza en el propio laboratorio mediante instrumentación específica que los dota de trazabilidad con la menor incertidumbre de medida.
- Dentro del desarrollo de la máquina de micro fuerzas se han ejecutado algunos pasos importantes tales como la adquisición de dos transductores de fuerza de 10 N y 50 N, y diverso material eléctrico, y la contratación de realización del software de automatización. También se ha realizado la adaptación de la plataforma con escalera de la máquina.
- Relativo a la máquina de par de torsión de 10 kN·m hay que destacar como avances la adquisición de distintos componentes como guías lineales, patines, rodamientos y otros componentes, la realización de parte del montaje, la puesta a punto del cojinete neumático y el asesoramiento en la realización de planos. También se ha mejorado el sistema de aire comprimido del laboratorio donde se está construyendo dicha máquina.
- Se ha adquirido un kit antiestático para la reducción de la carga electrostática de muestras de masa y densidad. La influencia de las cargas electrostáticas hace que aumente significativamente la variabilidad de la medida, por lo que su minimización constituye una mejora sustancial.



LAS EMISIONES  
 DE CO<sub>2</sub> EN 2016  
**HAN DISMINUIDO UN**  
**97,3 %**  
 RESPECTO A LAS EMISIONES  
 DEL AÑO BASE 2011

LA **PRODUCCIÓN**  
**DE ENERGÍA**  
**FOTOVOLTAICA**  
 EN 2016 FUE DE  
**703 992**  
**kWh**

*Viene de página anterior*

- Se ha adquirido un gaussímetro para determinación de campos magnéticos en mediciones de masa, par de torsión y fuerza. Ello es importante debido a que los campos magnéticos pueden generar fuerzas no deseadas, siendo necesario identificar su presencia.
- Se han desarrollado útiles para calibración de los flotadores de densidad para aquellos casos en los que los flotadores sean menos densos que el líquido de inmersión.
- Se ha modificado la configuración y las conducciones del sistema de expansión dinámico para regular mejor el caudal generado y minimizar la generación de fugas del sistema.
- El laboratorio de cinemómetros, en colaboración con Indra, ha desarrollado un simulador de objetivos, capaz de simular blancos (vehículos) interpretables por los cinemómetros radar en las bandas de frecuencia de operación de 24 GHz y 34 GHz. Con ello, se dispone de un nuevo método de ensayo en los procesos de simulación en laboratorio, que permite la verificación y validación de las mediciones de velocidad y distancia obtenidas de los radares de última generación que utilizan señales de onda continua con frecuencia modulada o multifrecuencia, capaces de identificar varios objetivos simultáneamente detectando su velocidad y posición.
- Se ha adquirido un criostato de ciclo cerrado cuyo objetivo es tener una nueva línea de desarrollo de patrones cuánticos en tensión de corriente continua para evitar la dependencia del Helio.
- Se ha desarrollado un nuevo software para el sistema de ensayo para la caracterización de convertidores digitales que proporciona una mejora y una nueva línea de desarrollo en patrones de tensión en corriente alterna.
- Alineada la estrategia de la dirección con el ahorro energético o la ecoeficiencia, en el CEM, por quinto año consecutivo se ha medido la huella de carbono generada y elaborado el «Informe de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) 2016» definiendo posteriormente unos planes de reducción de las emisiones del organismo. Hay que destacar este año la gran disminución de emisiones generada, debido principalmente al cambio de compañía suministradora eléctrica que aporta la garantía de origen de la energía eléctrica consumida por el CEM. En este sentido, se puede decir que el 100 % del suministro energético procede de fuentes renovables por lo que no se emiten gases efecto invernadero.



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 EL AÑO 2016 LAS ACTIVIDADES DE COLABORACIÓN CON INSTITUCIONES TANTO DENTRO, COMO FUERA DE NUESTRAS FRONTERAS. ASIMISMO, EL CEM 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

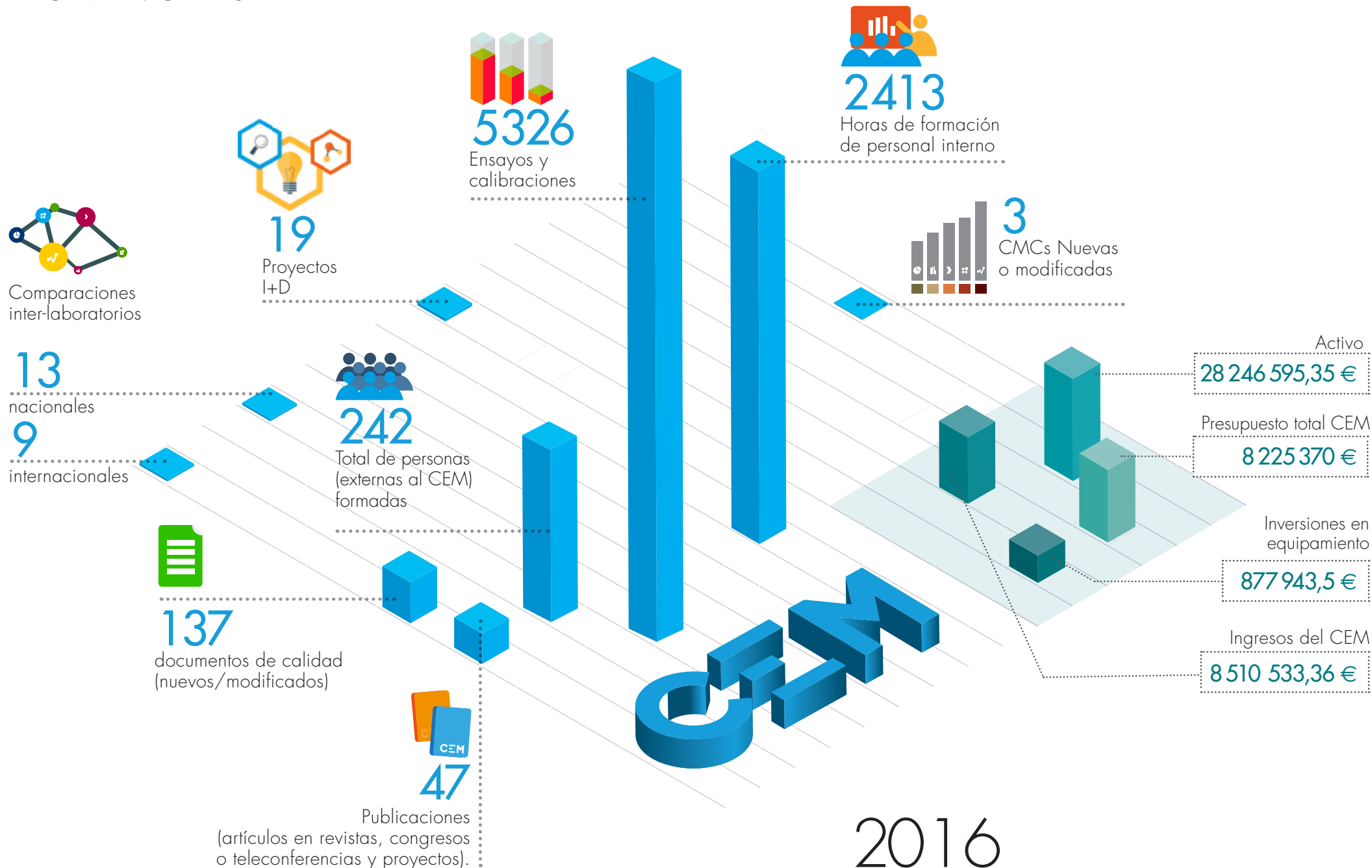
- **Colaboración con universidades.** Durante el año 2016 se ha colaborado en proyectos conjuntos de investigación en diversas temáticas relacionadas con los grandes retos del Horizonte 2020, como medioambiente o energía, con diversas universidades españolas, pudiendo resaltar la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad de Valladolid que han seguido apoyando la metrología, con tesis doctorales, ponencias y asesoramiento.
- **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 (actualmente UNE). 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 y es Vocal de CTN 066/SC01 «Sistemas de gestión» y del CTN 066/SC 02 «Evaluación de la conformidad».

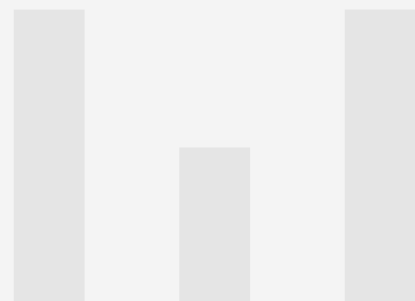
Asimismo ha continuado la estrecha relación que el CEM mantiene con la Asociación Española para la Calidad ayudando a la creación del Foro de Metrología en 2016. También, en el año 2016, se constituyó la nueva Junta Directiva de AENOR en la que, entre los nuevos miembros incorporados, se encuentra el Centro Español de Metrología.

## INTERNACIONAL

- **Colaboración con Latinoamérica.** En el año 2016 la colaboración del CEM con Latinoamérica se ha visto beneficiada por la firma de un memorando de entendimiento con INACAL, el instituto nacional de metrología peruano. 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 es un miembro activo de la comunidad metrológica internacional.** La participación del CEM en comités internacionales del BIPM, OIML, EURAMET o VELMEC ha seguido siendo muy activa. Como ejemplo cabe destacar que el Director Científico del CEM continúa un año más como miembro electo de la Junta Directiva de EURAMET.

EL CEM HA FIRMADO  
**2 NUEVOS ACUERDOS  
 Y CONVENIOS DE  
 COLABORACIÓN**  
 EN 2016





**PRESIDENTA**

**Sra. D.ª Begoña Cristeto Blasco,**  
Secretaria General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa y Presidenta del CEM

**VICEPRESIDENTE**

**Sr. D. José Manuel Bernabé Sánchez,**  
Director del CEM

**SECRETARIO**

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

**VOCALES**

**Sr. D. Angel Silván Torregrosa,**  
M.º de Asuntos Exteriores y Cooperación

**Sr. D. Moisés Manuel Fernández Álvaro,**  
M.º de Defensa

**Sr. D. Clemente López Bote,**  
M.º de Economía, Industria y Competitividad

**Sr. D. Jaime Moreno García-Cano,**  
M.º del Interior

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

**Sr. D. Pedro de María Martín,**  
M.º de Energía, Turismo y Agenda Digital

**Sra. D.ª Clara Randulfe Sánchez,**  
M.º de Energía, Turismo y Agenda Digital

**Sr. D. Miguel Vizcaíno Calderón,**  
Abogado del Estado, Jefe Asesoría Jurídica del M.º de Energía, Turismo y Agenda Digital

**Sr. D. Fernando Belda Espulgues,** M.º de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

**Sr. D. Juan José Jul Rodríguez,**  
M.º de la Presidencia y Administraciones Públicas

**Sr. D. Robert de Jorge Domingo,**  
M.º de Hacienda y Función Pública

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

**Sr. D. Joaquín Campos Acosta,**  
Instituto de Óptica «Daza Valdés» (CSIC)

**Sr. D. José Manuel Prieto Barrio,**  
Entidad Nacional de Acreditación

**Sr. D. Avelino Brito Marquina,**  
Asociación Española de Normalización y Certificación

**Sra. D.ª Paloma Cervera Lucini,**  
Agencia Española de Seguridad Alimentaria

**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 2016»



MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD  
CEM CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA

NIPO 067-17-001-1