

m19



CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA

MEMORIA 2019



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, COMERCIO
Y TURISMO

CEM

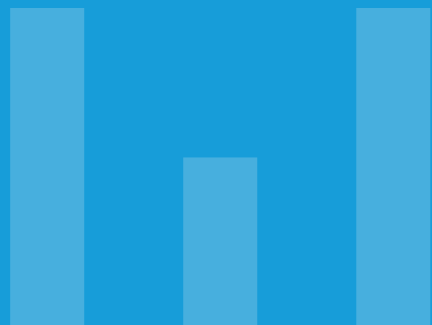
CENTRO ESPAÑOL
DE METROLOGÍA



“Esta característica de los experimentos modernos – que consisten principalmente de mediciones – es tan prominente, que la opinión parece haber sido expulsada; en unos pocos años todas las grandes constantes físicas habrán sido estimadas aproximadamente, y...”

James Clerk Maxwell

James Clerk Maxwell fue un científico escocés especializado en el campo de la física matemática. Su mayor logro fue la formulación de la teoría clásica de la radiación electromagnética, que unificó por primera vez la electricidad, el magnetismo y la luz como manifestaciones distintas de un mismo fenómeno. Sus descubrimientos fueron claves para entrar en la era de la física moderna, sentando los cimientos de campos como la relatividad especial o la mecánica cuántica.



4

PRESENTACIÓN

6

MISIÓN Y PLAN

7

NUESTRA ACTIVIDAD

Grado de cumplimiento de los objetivos del plan de actuación 2019	7
Trazabilidad y diseminación	8
Desarrollo normativo	11
Investigación y desarrollo	12
Embajadores de metrología	17
Formación y difusión	23

27

NUESTRO EQUIPO

28

FORMACIÓN INTERNA

29

INFRAESTRUCTURAS

31

COOPERACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL

35

EL CEM EN CIFRAS

36

RELACIÓN DE MIEMBROS DEL CONSEJO RECTOR DEL CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA

Dejamos atrás un año más, 2019, que se ha caracterizado por el gran esfuerzo que ha hecho el personal del Centro Español de Metrología por cumplir los objetivos que nos marcamos. Ha sido éste un ejercicio intenso. El 20 de mayo de 2019, entró en vigor la revisión del Sistema Internacional de Unidades (SI), aprobada el año anterior por la 26ª Conferencia General de Pesas y Medidas. Las definiciones de las unidades básicas del SI han quedado ligadas a constantes universales, haciéndolas válidas de forma atemporal. Con ello se consigue que la materialización de dichas definiciones quede abierta a mejoras técnicas futuras.

La reforma afecta al kilogramo, el amperio, el kelvin y el mol, que se definen ahora en función de valores numéricos fijos de las constantes físicas elegidas. Estas constantes son, respectivamente, la constante de Planck (h), la carga elemental (e), la constante de Boltzmann (k) y la constante de Avogadro (N_A).

Asimismo, se adaptan las definiciones del metro, el segundo y la candela, que actualmente ya están basadas, respectivamente, en la constante de la velocidad de la luz en el vacío (c), la frecuencia de la transición hiperfina del estado fundamental no perturbado del átomo de cesio 133 ($\Delta\nu_{Cs}$) y la eficacia luminosa de una radiación monocromática de 540×10^{12} Hz (K_{cd}).

Por tanto, quedan definidas las unidades básicas de longitud (metro, m), masa (kilogramo, kg), tiempo (segundo, s), intensidad luminosa (candela, cd), intensidad de corriente eléctrica (amperio, A), temperatura (kelvin, K) y cantidad de sustancia (mol).

Una definición clara e internacionalmente aceptada de las unidades de medida es clave para el desarrollo de los patrones nacionales en cada país y con ello su reconocimiento internacional. Una buena infraestructura metroológica apoyada en la realización de patrones de alta exactitud es fundamental para potenciar y favorecer la competitividad e innovación industrial.

En el CEM tuvimos la oportunidad de celebrar ese día de la Metrología acompañados de nuestra Ministra Doña Reyes Maroto, además de, entre otras personalidades, el Director del BIPM el Dr. Martin Milton. Quiero agradecer a todos su participación ese día.

El esfuerzo normativo ha sido realmente de resaltar, aunque finalmente se publicó en febrero de 2020, en diciembre acabamos los trabajos de la Orden ICT/155/2020, de 7 de febrero, por la que se regula el control metrológico del Estado de determinados instrumentos de medida. Con esta disposición se consigue simplificar y homogeneizar en una sola orden, derogando las 20 existentes en la actualidad, toda la regulación del control metrológico específico al que tienen que someterse diversos instrumentos de medida y adaptar la regulación a lo previsto en la Ley 32/2014, de 22 de diciembre,

y el Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, así como a la nuevas tecnologías y desarrollos técnicos que se han producido en los últimos años. Hasta ahora, cada orden contemplaba, además de los correspondientes anexos de requisitos metrológicos de los instrumentos, cuestiones de carácter general en la forma de la aplicación del control metrológico que podía variar de una orden a otra. Por ello, la actuación de los organismos de verificación, para situaciones iguales, podía ser distinta dependiendo del instrumento. Esto se resuelve con un articulado único para todos los instrumentos en el que se regulan las cuestiones que deben ser comunes a todos ellos.

Por su parte, los requisitos específicos para cada instrumento se contienen en los correspondientes anexos a la orden. De esta forma, en la medida en que se vaya avanzando en la regulación de otros instrumentos, se podrán incorporar nuevos anexos.

En lo que se refiere a la investigación en metrología, también 2019 ha sido un buen año. Se han iniciado más proyectos que en 2018. En esta memoria podrá encontrar información sobre líneas de investigación tan importantes, por mencionar algunas, como el Quantum Pascal, para disponer de patrones primarios basados en fotónica para la realización del pascal mediante la determinación de la densidad de un gas o el Real K, cuyo objetivo es contribuir a que la nueva definición del kelvin y su puesta en práctica sean una realidad.

Los servicios de calibración se mantienen en cifras similares a años anteriores, habiéndose incrementado significativamente el número de guías y procedimientos elaborados, así como nuestra contribución al fortalecimiento de la infraestructura de la calidad con nuestra colaboración con ENAC y UNE.

Muy importante, asimismo, ha sido el incremento de nuestra participación en foros y ámbitos esenciales para el adecuado desarrollo de la metrología. Se han alcanzado nuevos acuerdos con hasta 9 instituciones. Por destacar alguna, mencionar nuestra participación en redes europeas, como "Smart Electricity Grids" o "Climate And Ocean Observation".

También en 2019 se firmó un acuerdo con nuestro instituto hermano el IPQ portugués. La colaboración con Portugal era ya muy estrecha pero se ha reforzado y compartimos nuestro conocimiento en metrología científica, industrial y legal para prestar mejores servicios a nuestros ciudadanos. Esta colaboración es el embrión de un reforzamiento de los lazos entre los países del Sur de Europa para equilibrar la preponderancia de los países del Norte en este campo.

En otras líneas de actividad, también se incrementa la formación externa y la transferencia del conocimiento, es de resaltar el número de presentaciones que hemos realizado así como las visitas a la web y a nuestra revista e-medida.

En resumidas cuentas, un buen año. Pero todo ha quedado en segundo plano, con lo que a la hora de redactar este preámbulo se nos ha venido encima con esta crisis del Covid-19. Nadie al acabar 2019 esperaba esto. Desde estas líneas quiero expresar todo el agradecimiento del CEM al personal que ha estado en primera línea, especialmente a nuestros profesionales sanitarios. También, nuestras más profundas condolencias a aquellos que han perdido a seres queridos. El impacto ha sido tal, que todos conocemos a alguien que nos ha dejado. Por su parte, la situación económica y social cuando salgamos de la emergencia sanitaria va a ser muy dura. Entre todos tenemos que sacar a nuestro país adelante. No tengo ninguna duda de que todo nuestro personal pondrá lo mejor de cada uno para contribuir a que nuestras empresas, nuestra industria, nuestra sociedad en suma, se recupere lo más pronto posible.



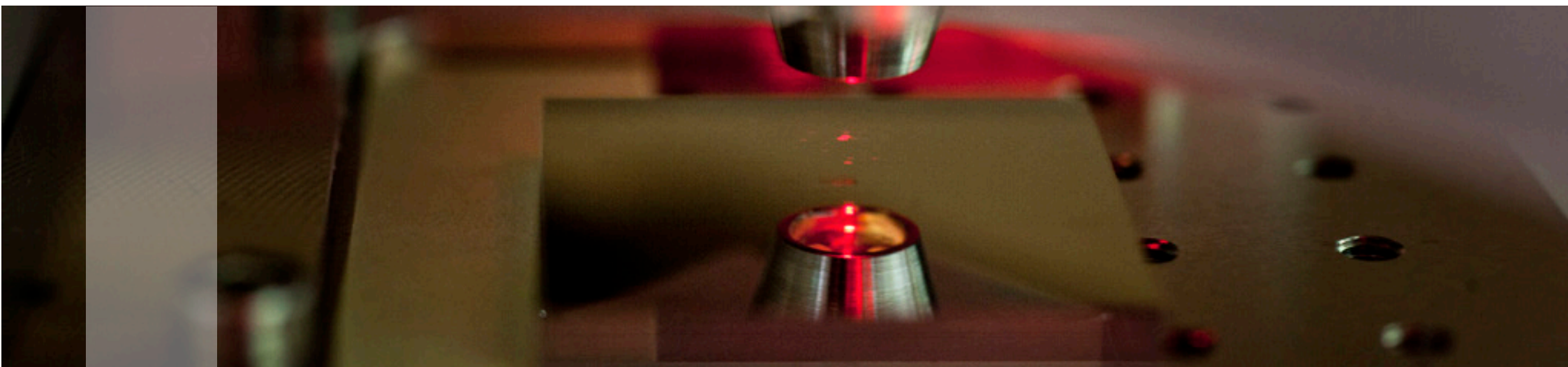
MISIÓN Y PLAN DEL CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA

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 del Estado, 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.





El plan estratégico 2017- 2020 estructurado en 3 orientaciones estratégicas y 7 líneas, continua guiando la intensa actividad del organismo en este penúltimo periodo de su vigencia. El plan de actuación 2019, aprobado por el Consejo Rector, se ha realizado con gran eficacia en el cumplimiento de los 17 objetivos establecidos. Cabe resaltar el aumento en la participación de proyectos I+D, la presencia del CEM en foros nacionales e internacionales, el número de actividades realizadas para la custodia, conservación y mejora de los patrones nacionales de medida, la consolidación de servicios y asesorías, y el esfuerzo en difusión de la metrología y transferencia de conocimiento, todos ellos recogidos en los diversos apartados de esta memoria.

Durante el ejercicio 2019, se ha continuado trabajando para atender las necesidades de los distintos sectores industriales, ofreciendo nuevas capacidades de medida y menores incertidumbres asociadas a los resultados de las calibraciones y ensayos en determinados rangos de ciertas magnitudes, además de seguir atendiendo aquellos servicios que no podían realizarse en el ámbito privado.

A grandes rasgos, en cifras, podemos resumir los siguientes servicios:

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

→ SERVICIOS DEL CEM

N.º SERVICIOS TOTAL
→ **5054**

KPI Expedientes CM

3697 ↓

Objetivo: 3700 (-0.08%)

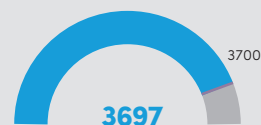
KPI Expedientes V

1357 ↓

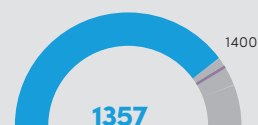
Objetivo: 1400 (-3.07%)

Área	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4	Total
Química y salud	589	616	601	777	2583
Magnitudes dinámicas y de conteo	217	336	287	320	1160
Masa y magnitudes mecánicas	110	232	168	167	677
Longitud e ingeniería de precisión	59	108	86	79	332
Termodinámica y medioambiente	38	47	30	76	191
Electricidad y energía	25	12	25	49	111
Total	1038	1351	1197	1468	5054

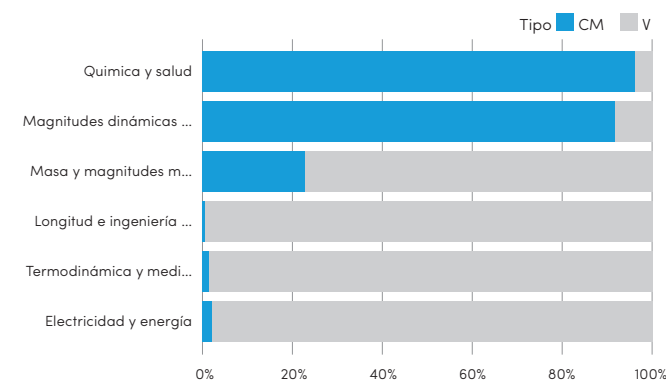
CONTROL METROLÓGICO



METROLOGÍA CIENTÍFICA



RECuento DE EXPEDIENTE POR ÁREA Y TIPO



ACTIVIDADES CEM 2019

Los servicios que se prestan en el CEM son de alto valor y muy especializados, estando destinados a proporcionar confianza y respaldo a la sociedad en las actividades de control metrológico y en los campos científico e industrial, proporcionando trazabilidad al SI, a los laboratorios de calibración de alto nivel metrológico y a centros de investigación y desarrollo e industrias punteras. Asimismo se ha mantenido la colaboración con la Entidad Nacional de Acreditación, proporcionando expertos para los estudios y auditorías realizadas.

A principios de año, el CEM ha actualizado los datos de los servicios disponibles en la web de la red de laboratorios Madri+d (<http://mcyt.educa.madrid.org/laboratorios>) para poner a disposición de la comunidad metrológica una amplia carta de servicios

apoyada en el verdadero potencial tecnológico y conocimiento del organismo. Los servicios se estructuran dentro de dos grandes divisiones:

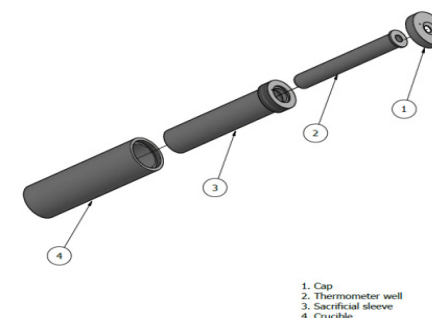
- División de Magnitudes Energéticas, Medioambientales y Salud
- División de Magnitudes Mecánicas e Ingeniería

Entre los nuevos servicios abiertos, cabe destacar la puesta en marcha de un nuevo servicio de verificación de sistemas Laser Tracker, que permite comprobar el cumplimiento de los errores máximos permitidos declarados por los fabricantes, cubriendo así las necesidades metrológicas en este ámbito de forma independiente y con todas las garantías de calidad, en línea con la normativa existente (Normas ISO 10360-10 y ASME B.89.4.19).



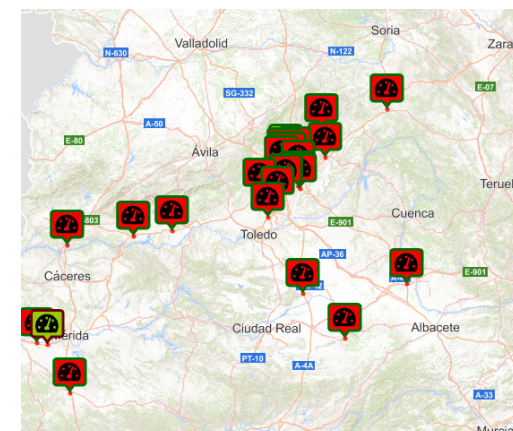
A continuación se muestran otras actividades destacables llevadas a cabo:

- Se continuó con la nueva línea de trabajo iniciada en 2018 de diseño y construcción de puntos fijos. Se diseñaron crisoles para la construcción de células de puntos fijos de mezclas eutécticas de Co-C para termopares y se compró Co puro. La construcción de las células está previsto abordarla en 2020.
- Se llevó a cabo una mejora de los tratamientos térmicos para los termopares de Au/Pt obteniéndose una mejora en su comportamiento en homogeneidad y estabilidad.
- Se ha mejorado la incertidumbre de la transferencia platino-acero mediante experimentación con artefactos: *"bouyancy artefacts"*: Son dos artefactos de igual masa nominal, pero de distinto volumen y superficie. Su utilidad es que permiten la determinación gravimétrica de la densidad del aire. Este parámetro es fundamental para determinar el empuje del aire, que es una corrección esencial a la hora de la determinación de masa. Esta corrección tiene un gran impacto en la transferencia de nuestros prototipos de platino iridio a las pesas de 1 kg de acero inoxidable.



- Se ha realizado un estudio pormenorizado sobre el efecto del menisco en la determinación de densidad de sólidos, cuyos resultados se han incluido en los procedimientos del laboratorio de densidad de sólidos.
- Se ha desarrollado un proyecto interno para la automatización del comparador de volumen. El objetivo de este proyecto ha sido la automatización en la colocación de las pesas adicionales que se necesitan en la calibración cuando los valores de densidad de las muestras a calibrar son muy distintos y provocan que la diferencia entre los valores de masa esté fuera del rango del comparador. Dicha automatización se ha conseguido mediante un autómatas de tres ejes de tipo cartesiano que permite regular la velocidad de funcionamiento. El resultado de dicha automatización ha sido un éxito y va a suponer una importante mejora, ya que minimizará el tiempo de calibración y la intervención del operador.

- El proyecto para la evaluación remota por internet (IoT) de cinemómetros destinados a la seguridad vial (RAVIOT) continúa su desarrollo. Se inició en 2018 con el objeto de diseñar, desarrollar e implementar un sistema inteligente instalado en las cabinas de los radares que se emplean en el control del tráfico que sea capaz de realizar las preceptivas verificaciones, almacenar y descargar los resultados de los ensayos, de acuerdo con las instrucciones recibidas por internet desde el centro de control ubicado en el CEM y durante tiempos prolongados. La principal ventaja será poder realizar las verificaciones periódicas sin necesidad de desmontar los equipos para su verificación en laboratorio, lo que supondrá, entre otras, una disminución de los días de inactividad de los cinemómetros y una mejora en la seguridad y protección tanto de las personas como de los propios cinemómetros. En una primera fase el objetivo son los cinemómetros cuyo principio de funcionamiento es el efecto doppler, con un programa piloto que abarca el despliegue en 30 cinemómetros: En la actualidad el proyecto está en la fase final de realización de ensayos de evaluación. Fases sucesivas del proyecto podrían abordar la ampliación de la implantación a un mayor número de cinemómetros de efecto doppler o a otros tipos de cinemómetros fijos como pudieran ser los de medida de velocidad media en tramo.



Nuevas capacidades en electricidad

Para asegurar los valores asignados a los patrones que materializan las distintas unidades, se han llevado a cabo diversas actividades de optimización y desarrollo de nuevos sistemas, basados en la culminación de recientes proyectos de I+D+i que han permitido mantener y garantizar la declaración de nuevas y mejoradas CMC (Capacidades de Medida y Calibración). Durante el año 2019 se aprobaron las 18 CMCs solicitadas en el proceso de revisión EURAMET.EM.15.2017 CMC Run. De las 18 CMCs aprobadas, 17 correspondían a significativas mejoras en los

rangos y valores de incertidumbre en las áreas de tensión y corriente alterna y de potencia y energía y una CMC supone la aprobación de un nuevo servicio de calibración de resistencia en corriente alterna.

En el año 2019 se ha participado en el proceso de revisión EURAMET.EM.16.2019 solicitando una CMC para un nuevo servicio de calibración de resistencia en corriente continua y otra CMC para una extensión de rango en la calibración de tensión en corriente continua. Ambas CMCs se encuentran actualmente en proceso de revisión.

Nueva capacidad de medida y calibración en mediciones de longitud

Como resultado de las últimas participaciones en comparaciones clave y suplementarias, el área ha obtenido la aprobación por el JCRB (Comité Conjunto de Organizaciones Regionales de Metrología y la Oficina Internacional de Pesas y Medidas) de una nueva CMC.

En efecto, tras el proceso de revisión interregional de las nuevas CMCs presentadas por EURAMET, el CEM ha obtenido la aprobación, en septiembre de 2019, de un nuevo servicio (5c) relativo a la calibración de distanciómetros electrónicos hasta 25 m, por comparación con un sistema interferométrico láser, con una incertidumbre expandida de 0,6 mm en todo el rango.

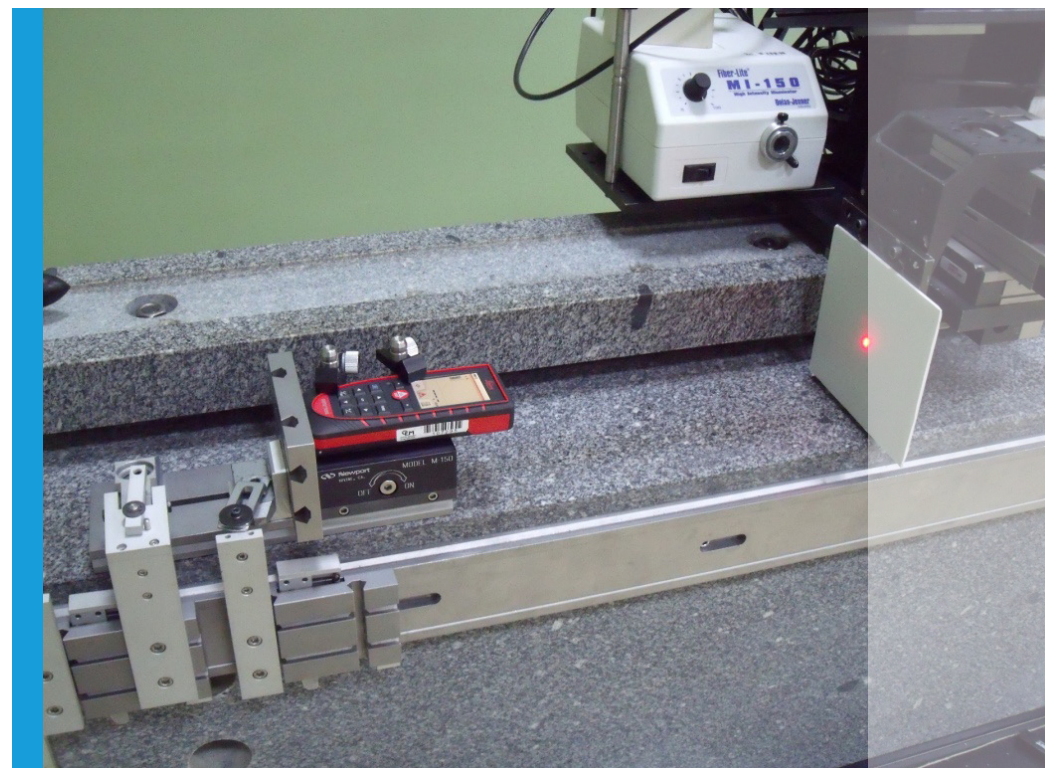
Esta CMC viene a complementar los servicios ya ofrecidos hasta ahora por el área:

5a - Calibración de distanciómetros hasta 25 m, con incertidumbre expandida $Q [0,1; 0,01 L/m]$ mm, por comparación con un sistema interferométrico láser de medida,

5b - Calibración de distanciómetros hasta 50 m, sobre una línea base de referencia, con incertidumbre expandida de 1 mm,

lo que redunda en una mayor oferta de servicios orientados a satisfacer mejor las distintas necesidades de los usuarios de la metrología, en cuanto a rangos e incertidumbres.

El nuevo servicio puede consultarse, como el resto, en la base de datos del BIPM (<https://www.bipm.org/kcdb/>).



El año 2019 se ha caracterizado por el impulso normativo. Aunque algunos de los proyectos se publicaron en 2020, la mayor parte de ellos fueron redactados y tramitados en 2019.

REAL DECRETO 240/2019, DE 5 DE ABRIL, POR EL QUE SE MODIFICA EL ESTATUTO DEL CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, APROBADO POR REAL DECRETO 1342/2007, DE 11 DE OCTUBRE.

Con la reforma del Estatuto del CEM se reorganizan las actividades técnicas uniendo las actividades de metrología legal y científica, lo que conllevará una prestación de servicios más eficiente; se dispondrán de fórmulas que permitan aumentar el número y calidad de los proyectos de investigación que se realizan y se abren nuevas vías de auto financiación.

RESOLUCIÓN 4 DE OCTUBRE DE 2019 del CEM por la que se establecen los precios públicos que han de regir la prestación de servicios metrológicos. Se incorporan nuevos servicios y se ajustan los precios que no se actualizaban desde 2012.

ORDEN ICT/155/2020, DE 7 DE FEBRERO, POR LA QUE SE REGULA EL CONTROL METROLÓGICO DEL ESTADO DE DETERMINADOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Mediante esta orden se desarrollan para determinados instrumentos de medida, las previsiones del Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, por el que se desarrolla la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología, en lo relativo al control metrológico del Estado, en sus distintas fases, según el tipo de instrumento: evaluación de la conformidad, verificación periódica y verificación después de modificación o reparación.

La pretensión es, por un lado, simplificar y homogeneizar en una sola orden, derogando las 20 existentes en la actualidad, toda la regulación del control metrológico específico al que tienen que someterse diversos instrumentos de medida y adaptar la regulación a lo previsto en el la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, y el Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, así como a la nuevas tecnologías y desarrollos técnicos que se han producido en los últimos años.



ORDEN ICT/149/2020, DE 7 DE FEBRERO, POR LA QUE SE MODIFICA EL ANEXO DEL REAL DECRETO 648/1994, DE 15 DE ABRIL, POR EL QUE SE DECLARAN LOS **PATRONES NACIONALES DE MEDIDA DE LAS UNIDADES BÁSICAS DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES**; Y LA ORDEN ITC/2581/2006, DE 28 DE JULIO, POR LA QUE SE DEFINEN LOS **PATRONES NACIONALES DE LAS UNIDADES DERIVADAS**

La revisión del sistema internacional de unidades adoptada en la 26ª Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) y la evolución de las necesidades de la industria han hecho que sea necesario actualizar las definiciones de los patrones nacionales. En particular, las nuevas definiciones de las unidades básicas, basadas en constantes universales y desligadas de su materialización.

Asimismo, se unifica en un solo texto la declaración de los patrones nacionales de medida de las unidades básicas y derivadas del sistema internacional de unidades (SI).

REAL DECRETO 493/2020, DE 28 DE ABRIL, POR EL QUE SE MODIFICA EL REAL DECRETO 2032/2009, DE 30 DE DICIEMBRE, POR EL QUE SE ESTABLECEN LAS UNIDADES LEGALES DE MEDIDA

La significativa revisión del sistema internacional de unidades, así como la trasposición de la Directiva 2019/1258 de la Comisión, de 23 de julio de 2019 ha hecho necesario modificar el Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida.

Esta modificación traspone al ordenamiento jurídico nacional la Directiva 2019/1258 y además permite actualizar el sistema de unidades legales de medida al vigente en la Unión Europea, disponer de unas definiciones de las unidades básicas del Sistema Legal de unidades abiertas a su materialización según evolucione la ciencia y la tecnología en cada momento y mejorar la interpretación de la aplicación de las reglas de escritura de las unidades de medida existentes en la actual legislación metrológica.

Con más de una década con la investigación y el desarrollo formando parte de uno de los ejes troncales del organismo, ya no se puede concebir la actividad metrológica sin este componente. Estamos profundamente convencidos que la I+D en metrología ha de acompañar a los desarrollos en las ciencias y las tecnologías y viceversa.

La actividad en investigación se desarrolla en dos niveles paralelos, la investigación y desarrollo interna con el objetivo de generar nuevos patrones o instrumentación que complementen a los disponibles y la investigación y desarrollo a través de proyectos financiados por instituciones nacionales o europeas, de un calado más profundo, en donde se desarrollan nuevos métodos, procedimientos o materializaciones de unidades punteras en la ciencia y alineados con los desafíos a los que tiene que hacer frente nuestra sociedad, como el medio ambiente, la energía, la industria 4.0 o la salud.

Desde el año 2009, el CEM ha venido participando en los programas marco europeos 7º Programa Marco y Horizonte 2020 a través de los Programas EMRP y EMPIR en más de 40 proyectos de I+D que le han permitido pasar a un referente nacional con un alto potencial de asesoramiento y acompañamiento a las industrias nacionales. Hoy en día, una parte significativa de la actividad del CEM está dedicada a la I+D y al desarrollo de nuevos patrones y métodos de medida que a buen seguro serán los servicios del mañana.

En el año 2019 se han iniciado 4 nuevos proyectos de la convocatoria EMPIR 2018, a desarrollar en tres años y el CEM se ha incorporado en dos nuevos consorcios de la convocatoria EMPIR 2019 cuyos proyectos empezarán en 2020:



i. Quantum Power. Quantum traceability for AC power standards

El objetivo general del proyecto es desarrollar un patrón de muestreo cuántico para la energía eléctrica que esté abierto a toda la comunidad de metrología y proporcione la trazabilidad directa al nuevo SI cuántico. El proyecto facilitará el desarrollo del software y de instrumentos complementario para la implementación de un patrón cuántico de potencia basado en el patrón cuántico programable disponible en el CEM.

ii. COAT Comparability of air temperature measurements under extreme field conditions: Meteorological and Climate implications (Lidera el CEM)

El objetivo general del proyecto es aumentar el impacto de algunos de los resultados del proyecto JRP ENV58 MeteoMet2 mediante el desarrollo de documentación dirigida a las comunidades meteorológicas y climáticas, fabricantes y usuarios finales. También se llevará a cabo una comparación de termómetros para medida de la temperatura de aire en el ártico que se usará para desarrollar y validar un protocolo de intercomparación de instrumentos en campo y una guía de buenas prácticas, con recomendaciones para el uso de termómetros y pantallas de radiación en entornos extremos. Estos documentos se enviarán a la OMM-CIMO (Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación de la Organización Meteorológica Mundial) para su consideración como documentos de referencia.

A nivel interno, se ha continuado con el desarrollo de los laboratorios de cuántica, magnetismo y química, aunque muy lentamente debido a restricciones externas de carácter económico.



Un año más, se continúan cumpliendo los objetivos propuestos en cada proyecto de investigación en los cuales el CEM está involucrado, de acuerdo a los plazos previstos. A continuación se expone una relación de los existentes en función de su estado y temática:

PROYECTOS QUE CONTINUÁN

Magnitudes mecánicas y realización del kilogramo

- Máquina de par de torsión de 10 kN·m
- Proyecto Microfuerzas

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

- EMPIR DIG-AC: "A digital traceability chain for AC voltage and current"
- Desarrollo de un criostato de ciclo cerrado
- Proyecto para el desarrollo del patrón cuántico de tensión alterna
- QUITEMAD (Quantum Information Technologies Madrid), proyecto concedido por la Comunidad de Madrid. En este proyecto el que el CEM participa como Laboratorio Asociado con el fin de implantar y desarrollar la metrología cuántica de segunda generación (Segunda Revolución Cuántica).

Patrones de temperatura cuánticos

- EMPIR PhotoQuant: desarrollo de sensores de temperatura cuánticos y fotónicos

Trazabilidad en la industria

- EMPIR GRACE: "Developing electrical characterisation methods for future graphene electronics"

Medida de temperatura para la mejora de la eficiencia energética en procesos de fabricación de alto valor

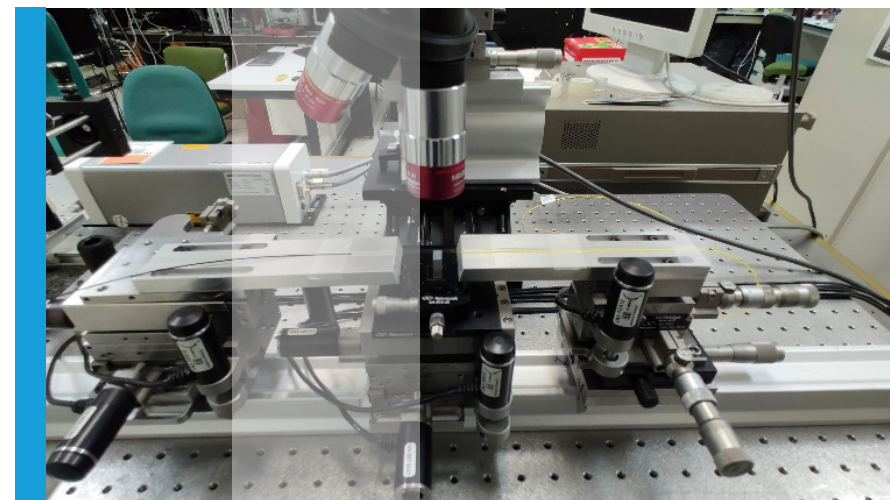
- Proyecto EMPRESS2: Construcción y estudio de nuevos tipos de termopares y desarrollo de sensores de temperatura de fibra óptica

Metrología química y salud

- EMPIR ALCOREF: "Certified forensic alcohol reference materials"
- Proyecto nacional GREGAS: "Caracterización de gases energéticos sostenibles (biogás e hidrógeno), producidos con recursos renovables biomásicos y eólicos, para su incorporación a la red de gas natural".

Metrología para las tecnologías del hidrógeno

- EMPIR MetroHyVe: Metrología para los vehículos de H₂.



Aportaciones en el control de las emisiones de gases

- EMPIR IMPRESS 2: Metrología para las emisiones de contaminantes atmosféricos

Magnitudes dinámicas

- EMPIR Met4FoF Metrology for the Factory of the Future
- Proyecto para la evaluación remota por internet (IoT) de cinemómetros destinados a la seguridad vial

Digitalización

- Proyecto "Metrology Cloud"

PROYECTOS QUE HAN FINALIZADO

MAGNITUDES MECÁNICAS Y REALIZACIÓN DEL KILOGRAMO

Proyecto de determinación de la densidad del aire por el método gravimétrico

Con la finalización de este proyecto se ha mejorado la incertidumbre en la determinación de la densidad del aire mediante este método, que tiene un impacto importante en la determinación de la masa en los primeros niveles de trazabilidad.

MEDIDAS ELÉCTRICAS: HACIA LA METROLOGÍA DIGITAL Y LOS NUEVOS PATRONES CUÁNTICOS

EMPIR QuADC: "Waveform metrology based on spectrally pure Josephson voltages"

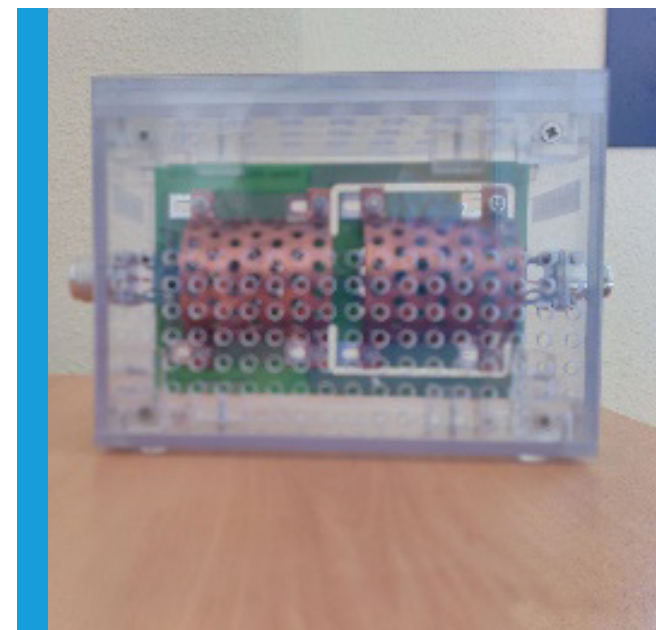
El CEM ha desarrollado un método de caracterización de divisores y amplificadores y, en general, de dispositivos de relación de tensión en corriente alterna en un ancho de banda desde corriente continua a 100 kHz.

Además como consecuencia de este proyecto se podrá disponer de un amplificador electrónico de alta impedancia de entrada y baja impedancia de salida y respuesta plana en frecuencia hasta 100 kHz. Este amplificador permitirá reducir la incertidumbre de todas las medidas en corriente alterna afectadas por efectos de carga, tanto de los instrumentos como de los cables de conexión.

EMPIR TracePQM: "Traceability routes for electrical power quality measurements".

Los logros más destacables de la participación del CEM en el proyecto han sido los siguientes:

- Disponer de un nuevo sistema para la medida de Flicker. En este sentido El CEM está organizando una comparación EURAMET que incluye la medida de esta magnitud lo que permitirá solicitar nuevas CMCs.
- Un nuevo sistema digital de medida de energía sin limitación de tiempo utilizando el mismo patrón digital. Hasta ahora la capacidad de medida estaba limitada a la capacidad de memoria interna de los digitalizadores que para algunos casos era de pocos segundos. Esta mejora va a permitir disminuir la incertidumbre y utilizarlo en aplicaciones que requieren medir durante largos intervalos de tiempo como puede ser la verificación de estaciones de carga de vehículos eléctricos.
- Implantación de un nuevo sistema de medida basado en un digitalizador de alta frecuencia de muestreo que permitirá medir armónicos de frecuencias superiores a 10 kHz.
- Optimizar las configuraciones de los sistemas de medida de potencia y energía, validación de nuevos algoritmos, y contrastar con el resto de INM participantes en el proyecto los sistemas del CEM.



LA MEDIDA DE TEMPERATURA: EL NUEVO KELVIN

Proyecto InK2

Este proyecto ("Implementación del nuevo kelvin 2"), comenzó en junio de 2016 y ha finalizado en mayo de 2019, y ha sido coordinado por el NPL. Es una continuación del proyecto InK que finalizó en 2015. Este proyecto ha estado orientado a la determinación de las diferencias entre la temperatura termodinámica y la temperatura definida por la Escala Internacional de Temperatura de 1990 con niveles de incertidumbre nunca alcanzados.

El resultado más destacado de este proyecto ha sido la determinación, por primera vez en el CEM, de las diferencias entre la temperatura termodinámica y la temperatura definida por la Escala Internacional de Temperatura de 1990 EIT-90 en el rango comprendido entre el punto de solidificación del zinc (419,527 °C) y el de la plata (961,78 °C). Las diferencias obtenidas han sido inferiores a 80 mK con incertidumbres de 110 mK a 170 mK. Este es un nuevo servicio que ya está a disposición de nuestros clientes.

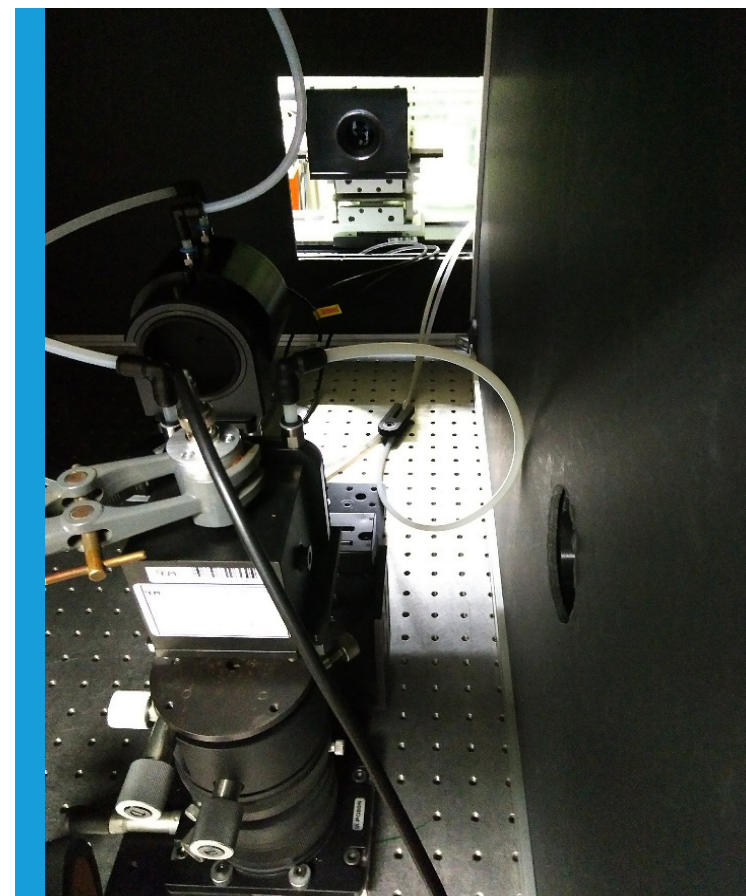
Además, dentro de este proyecto y como consecuencia de la formación recibida se han comenzado a construir en el CEM células de puntos fijos de alta temperatura.

Los resultados de las investigaciones desarrolladas en este proyecto han sido ampliamente diseminados en diversos congresos internacionales como NEWRAD 2017, IMEKO 2018, etc. destacando en particular la ponencia oral impartida por M^a José Martín en TEMPMEKO'19 titulada "Measurements of $t - t_{90}$ in the range from 420 °C to 960 °C by primary radiation thermometry at CEM".

METROLOGÍA PARA LAS TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO

EMPIR Hydrogen: Metrología para aplicaciones sostenibles de H₂

Los resultados de este proyecto tenían como objetivo contribuir a las revisiones y el desarrollo de cuatro normas ISO relativas a las especificaciones de pureza del hidrógeno utilizado para el transporte y el almacenamiento en pilas de combustible, ya que la ausencia de aquellas asegura la durabilidad de estas. Para ello se realizaron campañas analíticas de diversas muestras obtenidas en más de 16 plantas de producción de hidrógeno y procedentes de diferentes fuentes: reformado de metano y electrolizadores de membrana. El trabajo realizado en el CEM ha permitido desarrollar nuevos métodos analíticos específicos por cromatografía de gases y materiales de referencia para oxígeno, helio, nitrógeno y argón así como materiales de referencia de cloruro de hidrógeno y se pudo demostrar que en todos los casos los contenidos de los contaminantes en las muestras se encontraban por debajo de los umbrales establecidos en la Norma ISO 14687-1 e incluso en algunos casos, por debajo de los límites de detección de las técnicas analíticas utilizadas.



CEM

PROYECTOS NUEVOS

MAGNITUDES MECÁNICAS Y REALIZACIÓN DEL KILOGRAMO

EMPIR QuantumPascal, "Towards quantum-based realisations of the pascal"

El objetivo de este proyecto es la realización de patrones primarios basados en fotónica para la realización del pascal mediante la determinación de la densidad de un gas. Con la implementación de la redefinición del SI en mayo de 2019, se ha eliminado la incertidumbre de la constante de Boltzmann y, por lo tanto, a una temperatura dada, los patrones basados en fotones prometen mediciones primarias limitadas sólo por la precisión de los cálculos cuánticos.

Dentro de este proyecto, el CEM pretende desarrollar un patrón primario basado en un refractómetro Fabry-Pérot. Se han realizado estudios preliminares de diseño, establecido los requisitos así como un programa de trabajo en colaboración con varias universidades e instituciones científicas.

EMPIR Comtraforce "Comprehensive traceability for force metrology services"

El proyecto EMPIR 18SIB08, "Comprehensive traceability for force metrology services" (Trazabilidad exhaustiva para los servicios metrológicos de fuerza) es un proyecto europeo cuyo objetivo general es proporcionar los métodos y la base técnica para la mejora de la trazabilidad integral de la magnitud fuerza para los servicios de calibración en el campo de las pruebas mecánicas y de materiales.

En el año 2019 se ha trabajado en los siguientes objetivos específicos:

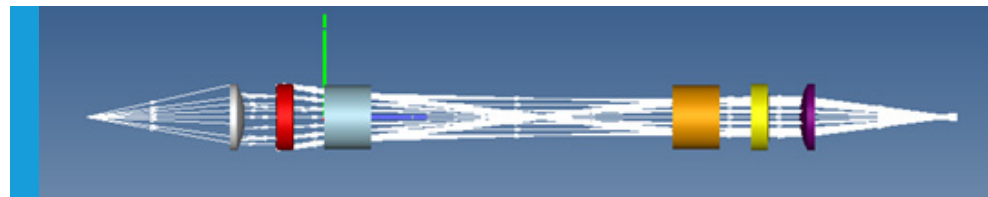
1. Revisión y propuestas de mejora de todas las normas de máquinas de ensayo de materiales y mecánicos y los métodos de calibración de fuerza.
2. Desarrollo de modelos avanzados que describan con precisión las influencias en los dispositivos de medición de fuerza, incluido el desarrollo de "digital twins" de los dispositivos de medición de acuerdo con los requisitos futuros de digitalización e industria 4.0.



REALIZANDO EL NUEVO KELVIN

Proyecto RealK

Su objetivo general es hacer que la nueva definición del kelvin y su puesta en práctica sean una realidad. Por un lado se desarrollará la termometría primaria más madura ($> 1300\text{ K}$ y $< 25\text{ K}$) de forma que pueda ser utilizada para realizar el nuevo kelvin de manera tan competitiva como las escalas actualmente definidas (Escala Internacional de Temperatura de 1990, EIT-90, y Escala Provisional de bajas Temperaturas del 2000). También se realizará una investigación sobre la extensión de la vida de la EIT-90 de forma que otros métodos de termometría primaria tengan tiempo suficiente para su maduración. Además se facilitará el desarrollo futuro de la termometría pri-



maria mediante la determinación de los parámetros físicos clave de gases termométricos importantes. El CEM centrará sus esfuerzos en la termometría primaria de radiación, comprometiéndose a construir puntos fijos de mezclas eutécticas y a realizar la asignación de temperatura termodinámica a los mismos.

Trazabilidad en la industria

EMPIR ProbeTrace "Trazabilidad para sondas de contacto y mediciones con instrumentos de palpador"

En este proyecto están implicados el laboratorio de metrología por coordenadas y el de patrones para micro y nanometrología. El objeto del proyecto es desarrollar capacidades de calibración trazables y a coste asequible para patrones de forma y de rugosidad superficial, con incertidumbres en el rango de 10 nm a 100 nm . En la comparación-investigación EURAMET 1239 se han medido varios tipos de patrones orientados a dar trazabilidad en el ámbito de las nanotecnologías, algunos de ellos de uso ya consolidado, como los patrones de ranura y de espaciamiento. Otros patrones, como los nanodots y algunos patrones de rugosidad generados en silicio, están en fase de investigación con vistas a ser usados para proporcionar trazabilidad.

Metrología y medio ambiente

Proyecto INCIPIT

Éste, es un proyecto de investigación pre-normativa sobre pluviómetros del tipo non-catching y está coordinado por el INRIM. Este proyecto permite continuar estrechando los lazos con la comunidad meteorológica que ya ha tomado conciencia de introducir los conceptos y filosofía metrológicas en la realización de sus medidas para que estas sean comparables.

Proyecto EURAMET Air Temperature Metrology (ATM)

Este proyecto refuerza la implicación del CEM en actividades de investigación relacionadas con el medio ambiente. El objetivo final de este proyecto es redactar una guía de buenas prácticas para la medida de temperatura del aire. Para ello se está llevando a cabo una comparación piloto de sensores de temperatura de aire entre diversos institutos nacionales de metrología en la que se pretender ahondar en el conocimiento de las distintas fuentes de incertidumbre que afectan las medidas de temperatura de aire. El CEM es uno de los pilotos de esta comparación, coordinando uno de los ciclos.

Durante el año 2019 se ha promocionado la infraestructura nacional de metrología y reforzado la imagen interior y exterior del CEM a través de eventos nacionales e internacionales de gran calado e impacto.

En relación a esos eventos internacionales hay que destacar uno sobre todos los demás, y es la **COP25 Chile – Madrid 2019. 25ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**. Las secretarías de Estado de Comercio y Turismo, la Secretaría General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, la Oficina Española de Patentes y Marcas y las Empresas y Organismos Autónomos del Ministerio, entre ellos el CEM programaron actividades para todos los públicos que se desarrollaron entre los días 2 y 13 de diciembre en las denominadas Zona Azul y Zona Verde de IFEMA, y en el Eje Castellana.

El CEM estuvo presente en la citada cumbre exponiendo cómo contribuye la metrología a luchar contra el cambio climático, pues los resultados de la medida en el ámbito medioambiental son fundamentales para las actuaciones a favor de la protección del medio ambiente y de la calidad de vida.

A continuación, se indica la agenda de actividades del CEM en la COP25:

- ZONA VERDE – ESPACIO INNOVACIÓN – IFEMA: Participación en la mesa de diálogo “La observación espacial de la tierra para el clima”.
- EJE CASTELLANA – MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO: Organización de la mesa redonda “Metrología como herramienta para la lucha contra el cambio climático”.
- ZONA VERDE – ESPACIO CIENCIA – IFEMA: STAND CEM – Exposición, a través de posters, de la actividad del CEM relacionada con la fiabilidad de las medidas que permiten controlar los contaminantes, los gases energéticos o las variables climáticas esenciales. Muestra de la exposición de medidas antiguas del CEM.

Como en años anteriores, personal del CEM ha asistido a congresos, eventos y reuniones de comités nacionales e internacionales, (AENOR, ENAC, EURAMET, CIPM, WELMEC, OIML).

Además se han realizado diversas presentaciones de temática variada tanto en sesiones de masters, seminarios, congresos como el de TEMPMEKO'19, Conference on Radionuclide Metrology, MESIC, IMEKO, CIM 2019, EQTC etc.



En cuanto a eventos celebrados en el CEM cabe destacar:

30 Aniversario de la inauguración oficial del Centro Español de Metrología y el 9º Seminario Inter-congresos

Celebrado el 22 de mayo de 2019 en las instalaciones del CEM bajo el lema “La Metrología como herramienta en la resolución de los grandes retos sociales a los que se enfrenta nuestra sociedad”. Conjuntamente se celebró el **Día Internacional de la Metrología**, dedicado este año a la entrada en vigor de la revisión más fundamental del Sistema Internacional de unidades (SI) y el **30 Aniversario de la inauguración oficial del Centro Español de Metrología** por Sus Majestades los Reyes Don Juan Carlos y Doña Sofía, un 22 de mayo de 1989.

Se contó con la presencia de la Ministra de Industria (en funciones), Doña Reyes Maroto, el Secretario General de Industria y PYME (Presidente del CEM) D. Raúl Blanco, el Director de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM), Prof. Martín Milton y destacados ponentes provenientes de las instituciones: Universidad Complutense, ISCIII, Universidad Rovira i Virgili, CLH, SEAT y todo ello coordinado por el Maestro de Ceremonia, D. Manuel Seara Valero, Director del Programa “A hombros de gigantes”.

La jornada tuvo una audiencia y seguimiento notable, con cerca de 200 personas provenientes de industrias, universidades, centros tecnológicos, administraciones públicas y en general personas que les une en su profesión o afición el interés en la metrología. Durante la jornada, los ponentes resaltaron la relevancia de la revisión del Sistema Internacional de Unidades (SI) y matizaron el papel que la metrología puede jugar en la resolución de algunos de los importantes retos a los que nos enfrentamos como sociedad: la sostenibilidad energética, la segunda revolución cuántica, la Industria 4.0, la protección del medio ambiente o la mejora de la salud.



Jornada de puertas abiertas dentro de la XIX Semana de la Ciencia de la Comunidad de Madrid

Celebrada el 6 de noviembre de 2019 en las instalaciones del CEM, con la temática “Metrología y los objetivos del Desarrollo sostenible del milenio. Su aportación a la seguridad vial”. Contó con el apoyo del Ayuntamiento de Tres Cantos y la Dirección General de Tráfico. Inauguró las charlas, D. Antonio Martínez Ron –periodista, divulgador científico y editor de ciencia del Diario Voz pópuli– quien proporcionó una visión general de la aportación de la metrología a la sociedad y a la ciencia. Por su especial trascendencia para todos, así como para colaborar con la sensibilización en materia de seguridad vial, el CEM continuó la jornada con la apertura de puertas a los laboratorios de etilómetros y cinemómetros.



Jornada #ForoInNorMadrid

Celebrada el 1 octubre de 2019 en las instalaciones del CEM. Fue organizada por la Asociación para el Fomento de la Innovación en Madrid Norte (InNorMadrid) en colaboración con la Asociación de Empresarios de Tres Cantos (AETC), la Fundación de la Universidad Autónoma de Madrid (FUAM) y el CEM. Asimismo, el Foro apoyado por PNO INNOVATION GROUP (SPAIN) a través de dos de sus proyectos europeos. Se trataron diferentes temáticas, como son los nuevos avances en seguridad en TIC: ciberseguridad, monitorización, control de acceso, biometría, así como se presentaron nuevos proyectos y nuevos desarrollos que ofrece el Blockchain.



Desayuno saludable y realización de talleres

El 1 de marzo tuvo lugar en el CEM un desayuno para las niñas y niños de las personas que trabajan y las que son colaboradoras del CEM. Se realizaron unos talleres sobre metrología, mostrando el uso de una balanza y un termómetro. Además visitaron la exposición de pesas y medidas.

Jornada relativa a la vigilancia del mercado y a la conformidad de los productos

En el mes de octubre tuvo lugar una jornada en la que la Subdirección General de Coordinación, Calidad y Cooperación en Consumo hizo un análisis de todas las novedades e implicaciones para la metrología del Reglamento (UE) 2019/1020 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de junio de 2019 relativo a la vigilancia del mercado y a la conformidad de los productos . A esta jornada asistieron los vocales de la Comisión de Metrología Legal.



En el año 2019 se ha vuelto a poner de relevancia la metrología y el CEM ha participado en diferentes medios de comunicación y actos divulgativos entre los que se destacan los siguientes:

- Entrevista en *La aventura del Saber TVE*, el 29 de mayo sobre la importancia de la metrología en nuestra vida diaria y la entrada en vigor el día 20 de mayo de la revisión más fundamental del Sistema Internacional de unidades.
- *Charla on-line con INTEF*. El 29 de mayo, el INTEF organizó una charla en directo con los expertos del CEM, D. José A. Robles y D. Emilio Prieto y de la Universidad Complutense, el Prof. Miguel Ángel Martín-Delgado (<https://youtu.be/byx8OCFNRHQ>) sobre la revisión del SI, dirigida a la comunidad de docentes.
- *Reedición del manuscrito del General Ibáñez e Ibáñez de Ibero*. Con motivo de la celebración el 20 de mayo del Día Mundial de la Metrología, en conmemoración de la firma del Tratado diplomático de la Convención del Metro, que tuvo lugar un 20 de mayo del 1875, el CEM en colaboración con el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Instituto de Ingeniería de España (IIE) presentó en un acto entrañable en los locales del IGN, una reedición del manuscrito del General Ibáñez e Ibáñez de Ibero sobre los trabajos realizados por la Comisión Internacional para la realización de los prototipos internacionales del metro y el kilogramo que fueron entregados a los países firmantes de la Convención del Metro en 1889.



COMPROMISO EXTERIOR

El aumento de la presencia del CEM en los foros nacionales e internacionales es una de las líneas estratégicas del plan 2017 – 2020 y por ello se viene haciendo un gran esfuerzo para colaborar con otras instituciones y organizaciones y aumentar los compromisos y actividades en los mismos. Este año cabe resaltar:

- En marzo de 2019, Dolores del Campo, miembro del Comité Internacional de Pesas y Medidas, tras casi cuarenta años sin presencia española, asistió a su primera reunión de dicho comité.
- M^a José Martín ha colaborado con el CEN TC-423 en la modificación de la Norma EN 13485 (Thermometers for measuring the air and product temperature for the transport, storage and distribution of chilled, frozen, deep-frozen/quick-frozen food and ice cream – Tests, performance, suitability).
- M^a Nieves Medina ha colaborado con el instituto de metrología de Argentina (INTI) en la revisión por pares del Laboratorio de Fuerza.
- Teresa Fernández ha colaborado en la revisión por pares de los laboratorios de Química del instituto de metrología de México (CENAM).
- Emilio Prieto, Jefe del área de longitud e ingeniería de precisión, inició su andadura como Presidente del Comité Técnico de Longitud (TC-L) de EURAMET para los próximos dos años.

Además se han realizado diversas presentaciones de temática variada tanto en sesiones de masters, seminarios, congresos como el de TEMPMEKO'19, Conference on Radionuclide Metrology, MESIC, IMEKO, etc.



CEM

Durante el año 2019, se lanzó la nueva edición del máster de metrología, colaborando con la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

También ante la demanda continua y dado el tiempo transcurrido desde las últimas revisiones, es de destacar la revisión y actualización estratégica de los **procedimientos de calibración** más descargados, e incluso se han incorporado algunos antiguos que no estaban en formato digital descargable.

La utilización de los mismos ha permitido a muchas industrias y laboratorios tomarlos como guías para redactar sus propios procedimientos de calibración. Para que los usuarios puedan distinguir los documentos actualizados, se ha diseñado una nueva portada incluyendo la versión para su posible referencia.

Entre los procedimientos actualizados o nuevos son un total de **20**.

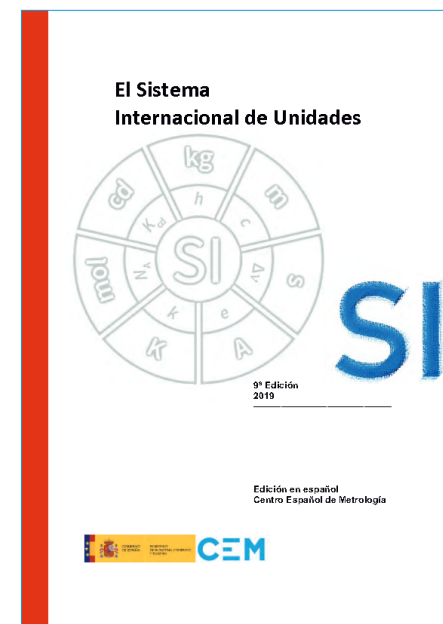
→ PROCEDIMIENTOS DE MEDIDA

Dado que el CEM se encuentra inmerso en un proceso de transformación tecnológica, cultural y generacional, se ha procedido a reforzar la visibilidad exterior y al relanzamiento de la imagen corporativa renovando la presentación en línea institucional, siendo ahora mucho más actual, dinámica, visible en dispositivos electrónicos tipo tabletas o móviles, e incorporando elementos interactivos.

También merece destacar la realización de una encuesta de prospectiva en metrología para detectar las necesidades que tiene el país en relación con la metrología. Se difundió a más de 2000 contactos a través del correo electrónico. Se recibieron un total de 209 respuestas de 178 empresas de diferentes sectores y campos de estudios. Los análisis de estos resultados se pueden ver en el informe disponible en nuestra Web.

<https://www.cem.es/actualidad/informe-de-an%C3%A1lisis-de-resultados-sobre-la-encuesta-de-prospectiva-en-metrolog%C3%ADa>

→ PUBLICACIONES DESTACADAS: LA METROLOGÍA TAMBIÉN EXISTE Y EL SI (disponibles en www.cem.es)



EN 2019
SE ATENDIERON
MÁS DE
918
CONSULTAS
A TRAVÉS DE
NUESTRA PÁGINA WEB



EN 2019
NUESTRA PÁGINA WEB
RECIBIÓ
161 364
VISITAS

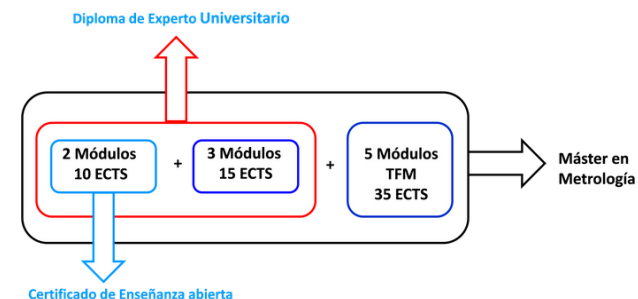
MÁSTER EN METROLOGÍA

En febrero comenzó la 1ª edición del máster en metrología UNED. El CEM colabora con la UNED para aprovechar los recursos didácticos de esa universidad para su impartición con la metodología a distancia propia de la misma, lo que permite contar con los medios técnicos más avanzados en las nuevas tecnologías de la información y la telefonía.

Se estructura modularmente en la forma siguiente:

- Un primer nivel de Certificado de Enseñanza Abierta en Introducción a la Metrología (10 ECTS), dos módulos.
- Un segundo nivel Diploma de Experto Universitario en Técnicas Metrológicas (25 ECTS), cinco módulos en el que se incluyen los dos módulos del primer nivel.
- Un tercer nivel de Título Propio de Máster en Metrología (60 ECTS), diez módulos más trabajo fin de máster (TFM) en el que se incluyen los cinco módulos del segundo nivel.

En esta 1ª edición, se matricularon un total de **18 personas**, 5 en el primer nivel, 9 en el segundo y 4 en el tercero.



AULA VIRTUAL

El alcance de la formación virtual es mucho mayor que el de la formación presencial, por este motivo el CEM apostó hace años por esta vía para cumplir con una de las funciones que tiene asignadas "la formación de especialistas en metrología". Todas las actividades formativas del Aula Virtual del CEM han sido gratuitas.

Actualmente se dispone de los siguientes cursos:

- Tres cursos virtuales de metrología de niveles, básico, medio y avanzado.
- Un curso sobre el Sistema Internacional de Unidades (SI).
- Un curso de metrología térmica. Calibración por comparación de termómetros de contacto.

Se cursan exclusivamente a través de la web y constan de varias unidades didácticas interactivas que el alumno debe resolver. Se dispone además de un foro de alumnos para que puedan colaborar en la resolución de los ejercicios.

El número de alumnos en 2019 ha sido de **316**. Los nuevos alumnos se han matriculado de la siguiente manera: **49** en el curso de metrología térmica y **267** en el resto de cursos virtuales de metrología repartidos en los de diferentes niveles.

CURSOS A MEDIDA

Una de las modalidades de formación más demandadas por empresas y 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 en este año 2019 el curso impartido para la formación de 379 profesores en colaboración con el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, INTEF sobre la redefinición de las unidades de medida.

ESTANCIAS FORMATIVAS

Dentro de los diferentes convenios de colaboración y memorandos de entendimiento que el CEM mantiene y amplía cada año, existe la modalidad de estancias formativas que permite a personal de otros institutos nacionales de metrología obtener conocimientos y prácticas en materias y campos determinados, participando en la actividad diaria de los científicos y técnicos del CEM en los laboratorios. En el año 2019 destaca la estancia de Christina Hofstaetter-Mohler, responsable de temperatura del INM austriaco, BEV, que durante una semana se formó sobre la calibración de termopares, así como la estancia de dos alumnas de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid realizando sus prácticas curriculares en los laboratorios del área y se dio una breve formación a un técnico de la Unidad de Tecnología Marina del CSIC.



EN 2019 SE HAN
IMPARTIDO

3 229

HORAS
DE FORMACIÓN
EXTERNA



REVISTA E-MEDIDA

La revista e-medida, después de siete años desde que se editó el primer número y con 15 números editados, sigue demostrando ser un efectivo canal de comunicación y divulgación de la metrología, en todas sus vertientes, tanto en el campo científico, como en el industrial y en el legal, sin olvidar la metrología histórica. Su nuevo formato, vinculando los contenidos y los artículos a otros de interés y a bibliografía, y dando agilidad y motivación a la lectura mediante enlaces a pequeños cortos audiovisuales divulgativos le ha dado un valor añadido.

La revista se ha consolidado como 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 2019 se recibieron más de 380 000 visitas, de muchos y variados lugares del planeta, más de 200 países, como se puede observar en la imagen siguiente.

Los 10 países con más entradas contabilizadas han sido: México, España, Argentina, Ecuador, Estados Unidos, Colombia, Perú, Venezuela, Bolivia y Chile.

Desde la publicación en su nuevo formato, se han inscrito al boletín periódico más de 1500 lectores.



Graph - Geographic Location

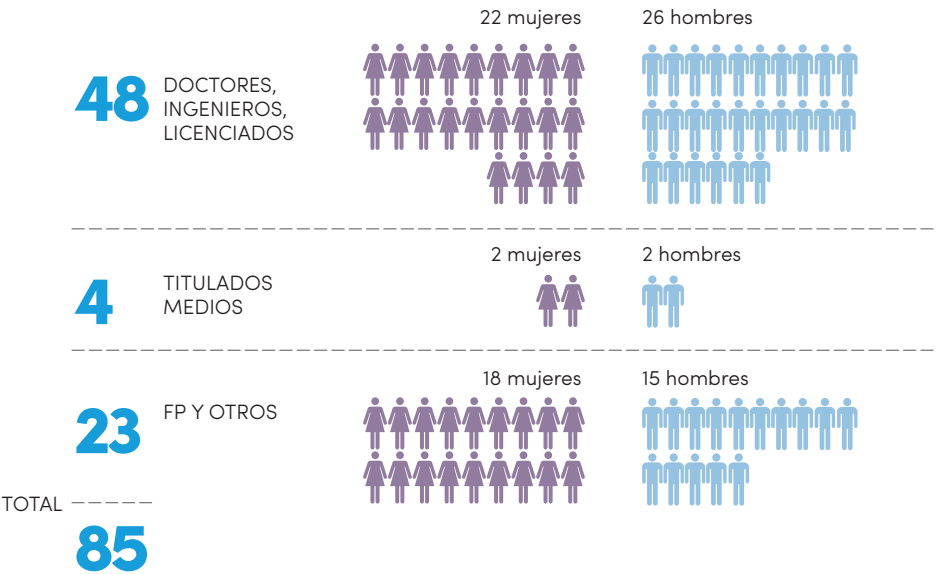


El elemento clave para garantizar el servicio riguroso, transparente y competente que ofrece el CEM es su personal. La competencia y conocimiento en las diferentes áreas de actividad del capital humano del CEM es el valor clave de la organización, sabiendo adaptarse a las necesidades de los clientes para ofrecer el mejor servicio posible. Gracias a su cualificación, especialización, experiencia y compromiso con el trabajo se ha conseguido dar respuesta satisfactoria a las diversas actividades realizadas.

En el año 2019 han finalizado dos procesos selectivos de acceso libre que permitirán la incorporación de personal laboral fijo, con 3 plazas de Titulado Superior de Actividades Técnicas y Profesionales, y funcionario, con 2 plazas en la Escala de Ayudantes de Investigación de los Organismos Públicos de Investigación:



CEM 2019
PLANTILLA



Programa de formación interna

El CEM continúa apostando por la formación del personal como uno de los aspectos clave para el buen funcionamiento del organismo. Cada año se diseñan los cursos a la medida de las necesidades del organismo, como ejemplos cursos de seguridad industrial de trabajo en alturas, de formación en emergencias, prevención de riesgos laborales o de iniciación a la metrología para las nuevas incorporaciones.

Es de destacar en el año 2019 la estancia en el PTB, el Instituto Nacional de Metrología alemán de personal del CEM para formarse en diversos campos como:

- Certificación de software de instrumentos sujetos a metrología legal
- Aseguramiento de la conformidad (módulo B) de instrumentos de pesaje
- Tecnologías cuánticas en metrología

Y el seminario de EURAMET Capacity Building en el GUM, el Instituto Nacional de Metrología polaco al que acudió personal del CEM para formarse en diversos campos como:

- Acústica
- Vibraciones

EN 2019 SE HAN
IMPARTIDO
1280
HORAS
DE FORMACIÓN
INTERNA



Puesto que las características que deben cumplir los laboratorios, en cuanto a condiciones ambientales y control de parámetros, son críticas en relación a las funciones del CEM, se dispone de un elevado número de instalaciones complejas y diversas necesarias para cumplir los requisitos necesarios para desarrollar nuestra actividad. Durante este año, se han intensificado y optimizado las tareas de mantenimiento del elevado número de instalaciones con orientación al mantenimiento preventivo lo que ha permitido disminuir las actuaciones correctivas, principalmente en equipos e instalaciones. Asimismo, se ha cumplido con el mantenimiento técnico-legal e inspecciones de las instalaciones que así se determina en la reglamentación específica a la que están sometidas.

Por último, y no por ello menos importante, se ha continuado trabajando en mejorar las instalaciones para elevar la eficiencia energética y las medidas de gestión de residuos con el objetivo de ser más respetuosos con el medioambiente.

HUELLA DE CARBONO

Alineada la estrategia de la dirección con el ahorro energético o la ecoeficiencia, en el CEM, por sexto año consecutivo se ha medido la huella de carbono generada por sus actividades, y elaborado el "Informe de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) 2019" definiendo posteriormente unos planes de reducción de las emisiones del organismo.

EQUIPOS

Las inversiones en nuevos patrones, equipos e instalaciones continúan, un año más, enfocadas 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.

Entre las nuevas adquisiciones se destacan:

- Un láser de diodo de 900 nm para reducir las incertidumbres de medida de temperatura termodinámica de radiación en dicha longitud de onda. La mejor estabilidad de este láser permitirá igualar las incertidumbres que se tienen en la actualidad para 650 nm. De esta manera la incertidumbre de medida de la responsividad absoluta de los termómetros de radiación y radiómetros pasa a tener un peso del 0,15 % en vez del 0,75 % que tenía con el uso del láser de Ti-Zr que se había estado utilizando.
- Se han sustituido los tres láseres del Microscopio de Campo Cercano Metrológico (MSPM) del CEM, mejorando las prestaciones en cuanto a potencia óptica y a control de temperatura. Estos láseres son un elemento clave del MSPM, ya que proporcionan trazabilidad directa al SI, a las mediciones con él realizadas.

LA PRODUCCIÓN
DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA
EN 2019 FUE DE

570 927
kWh





TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

En relación a las Tecnologías de la Información, se continúa consolidando la infraestructura y sistemas de información al mismo tiempo que se cimientan las bases de la transformación digital. Se ha conseguido renovar la infraestructura de red del CEM, migrando los puestos de usuario y ordenadores de laboratorio a la misma.

En cuanto a los sistemas de información, se ha culminado la implantación de WECO como sistema de gestión del CEM, quedando configurados en los siguientes ámbitos: Convenios, Consultas, Reuniones del Consejo y Gestión de Equipos para el área de Termodinámica y Medio Ambiente. Para avanzar en la generalización de la firma electrónica, el gestor de expedientes WECO incorpora un portafirmas propio, aunque todavía no se ha hecho uso del mismo al no requerirse la firma en los ámbitos implementados hasta el momento. Cuenta también con un sistema de notificaciones electrónicas, que no se ha usado al no ser requerido por ninguno de los ámbitos.

Se ha puesto en producción la intranet del CEM y se ha trabajado en una nueva web del CEM, además de migrarse gran parte de la información actual, quedando pendiente el diseño de algunas pantallas por finalizar para su puesta en producción. Finalmente, se ha procedido al rediseño de un nuevo sistema de Registro de Control Metrológico (RCM) en el sistema de gestión de expedientes WECO y se ha realizado la migración de los datos del RCM actual, quedando por implementar algunas funcionalidades de cara a su puesta en producción.

EL CEM, COMO CABEZA DE LA INFRAESTRUCTURA NACIONAL DE METROLOGÍA Y COMO PARTE DE LA RED INTERNACIONAL DE INSTITUTOS NACIONALES DE METROLOGÍA, HA FOMENTADO DURANTE EL AÑO 2019 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 EL ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS METROLÓGICOS Y EL DESARROLLO DE NORMATIVAS, ASÍ COMO EN COMITÉS INTERNACIONALES REPRESENTANDO Y DEFENDIENDO LOS INTERESES ESPAÑOLES EN MATERIA METROLÓGICA.

Nacional

- ▶ **Colaboración con universidades.** Durante el año 2019 se ha colaborado en proyectos conjuntos de investigación, en diversas temáticas relacionadas con los grandes retos del programa Horizonte 2020, como Medioambiente o Energía, con diversas universidades españolas, entre otras la Universidad Complutense de Madrid, UNED y la Universidad de Sevilla, las cuales apoyan la metrología mediante tesis doctorales, ponencias y asesoramiento. Destaca la visita de los alumnos del master de metrología de la UNED a nuestros laboratorios.
- ▶ **Colaboración en congresos.** El CEM ha colaborado en la 8ª edición del congreso MESIC, presen-

tando algunos trabajos en las secciones orales, presidiendo alguna de las sesiones y organizando una visita técnica a sus instalaciones. El MESIC (Manufacturing Engineering Society International Conference) es un congreso de la Sociedad de Ingeniería de Fabricación cuyo objetivo principal es hacer de foro de encuentro e intercambio de experiencias en el campo de la Ingeniería de fabricación. Se celebra cada dos años y en esta edición, la octava, se ha celebrado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid, durante los días 19 al 21 de junio.





► **Infraestructura de la calidad.** Como en años anteriores se ha seguido trabajando en colaboración con las dos instituciones que representan los otros dos pilares básicos de la infraestructura nacional de la calidad: ENAC, en el campo de la acreditación, y Asociación Española de Normalización, UNE en el campo de la normalización. En cuanto a AENOR, como entidad de Certificación, desde el año 2016, el Centro Español de Metrología forma parte de su Junta Directiva.

El CEM y UNE han firmado un convenio de colaboración para impulsar la infraestructura de la calidad en España en materia de metrología y normalización, así como para trabajar de forma conjunta en otros ámbitos como formación, divulgación o cooperación internacional. El acuerdo ha sido refrendado por el Presidente del CEM, Raúl Blanco y el Presidente de UNE, Carlos Esteban.

La estrecha relación que el CEM mantiene con la Asociación Española para la Calidad, este año dio lugar a dos eventos destacados. El primero de ellos es la participación de José Angel Robles en el debate *"La infraestructura de la calidad: Presente y futuro"* con motivo de la celebración del Día Mundial de la Calidad que organizó la AEC el 7 de noviembre. Por otro lado el 8 de mayo, con motivo del Foro de Medioambiente de la AEC formada por profesionales relacionados con la industria y la temática del medioambiente, se organizaron una serie de visitas a nuestros laboratorios y a la exposición de pesas y medidas.

► **Cooperación nacional** con laboratorios acreditados de calibración, laboratorios asociados y laboratorios colaboradores del CEM, relacionados con el control metrológico de los instrumentos de medida, así como con centros de investigación, universidades y fabricantes.

Destacamos el convenio de colaboración firma-

do por el director del CEM y por el vicepresidente ejecutivo de **Canal de Isabel II**, D. Rafael Prieto para mejorar y desarrollar la actividad metrológica en el campo de los contadores de agua. El Canal de Isabel II es un laboratorio colaborador del CEM, que cuenta con un laboratorio de contadores acreditado por ENAC que desarrolla actividades metrológicas sobre caudal de agua. Con la firma de este convenio, la empresa pública se convierte en un actor fundamental en la cadena de trazabilidad en esta actividad, y participará, junto al CEM, en foros internacionales sobre ensayos de caudalímetros.

El 28 de enero el Excmo. Sr. D. Arturo Romero Salvador, Presidente de la Sección de Ciencias Físicas y Químicas de la **Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales** visitó el Centro Español de Metrología para preparar la sesión científica, que dedicada a la metrología, tuvo lugar en la Academia el 24 de abril.

El 18 de febrero se reunió el Director del CEM con Don José Moyano Guzmán, Presidente de **ANELE (Asociación Nacional de Editores de libros y material de enseñanza)**, para coordinar acciones y actividades de cara a que la revisión del Sistema Internacional de Unidades (SI) que entró en vigor el 20 de mayo para que pueda ser enseñado adecuadamente en los diferentes niveles educativos, trasladando las nuevas definiciones y cambios conceptuales a los libros de texto.

El 14 de marzo, se celebró una reunión de los directores de división del CEM con personal de la **editorial ANAYA** con el objetivo de informarles sobre las nuevas definiciones de las unidades fundamentales y la importancia de que los libros de texto se adapten a estas nuevas definiciones.

El 8 de mayo, organizado por el clúster de empresas **secpho**, se celebró en Madrid un encuentro de los principales actores españoles implica-





dos en el desarrollo de las tecnologías cuánticas, desde la investigación básica a la aplicada, financiación pública y privada, patentes, etc. El acto contó con la participación del CEM que presentó sus actividades de investigación en este campo. Es de destacar la singularidad del CEM en cuanto a la utilización de las tecnologías cuánticas para el desarrollo de la metrología y la metrología para el desarrollo de las tecnologías cuánticas.

Durante todo el año se han mantenido numerosas reuniones con agentes de sectores implicados en la metrología legal como son los sectores eléctricos, del agua, sistemas de medida de líquidos distintos del agua, preenvasados y otros instrumentos, con el objetivo de conocer las necesi-

dades de dichos sectores.

Entre empresas que visitaron nuestros laboratorios y la exposición de pesas y medidas destacamos:

- ▶ **Asociación ICAITREN** formada por profesionales e ingenieros relacionados con la industria del ferrocarril, principalmente.
- ▶ **Grupo SCIENTIA** de la Ingeniería Industrial. Se trata de un grupo de ingenieros de Valladolid, principalmente ligados al mundo de la automoción, federados por el interés común en seguir conociendo técnicas y tecnologías y por la puesta en valor del buen hacer de las industrias. Constituyen una asociación sin ánimo de lucro legalmente inscrita en el registro oficial de asociaciones de la Junta de Castilla y León.

SE FIRMARON
NUEVOS **ACUERDOS**
Y CONVENIOS
DE COLABORACIÓN

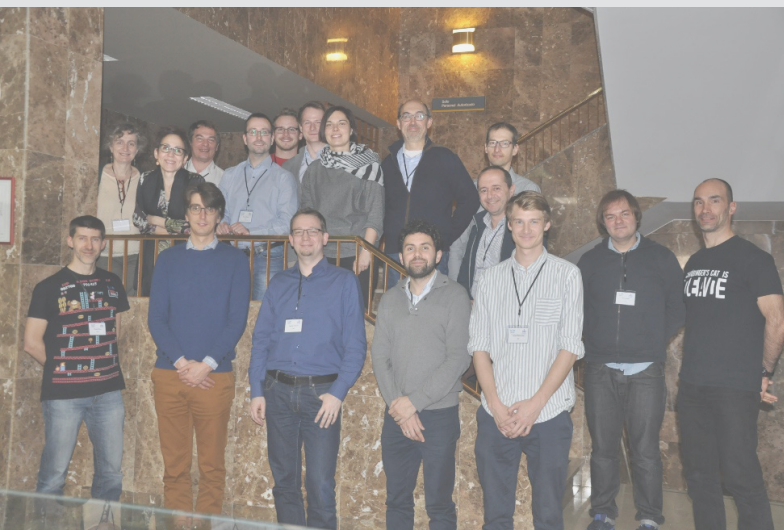
Internacional

- ▶ El CEM como lugar de celebración de reuniones internacionales:
- Reunión de EURAMET para tratar la puesta en marcha de las denominadas *"Redes especializadas inteligentes"*.

Celebrada el 8 de noviembre en las instalaciones del CEM, en dicho evento se expuso y debatió el papel de una especialización coordinada y focalizada de los centros Europeos de Metrología para fomentar una colaboración más estrecha entre los Institutos Nacional de Metrología, con el objetivo de proporcionar, de manera conjunta, unos servicios de mayor calidad eficiencia a la sociedad. Con este objetivo, dos Redes Regiona-

les de Metrología han sido propuestas hasta esta fecha con el objetivo de generar una especialización coordinada y focalizada entre sus miembros. Una de las redes implica a los países Nórdicos, mientras que la otra va dirigida a los países del Mediterráneo.

Las características y objetivos de la Red Nórdica fueron expuestos por el Dr. Jan Johansson, del Centro Nacional de Metrología de Suecia (RISE) y las cuestiones relativas a la Red del Mediterráneo fueron detalladas por la Dra. García Izquierdo (CEM). Por parte de Euramet, Dr. Duncan analizó los puntos fuertes y débiles de las dos redes expuestas y describió las necesidades a cubrir por ambas redes.



→ Reunión del consorcio del proyecto Europeo PhotoQuant.

Celebrada el 28 de febrero en las instalaciones del CEM, como la primera reunión de seguimiento de este proyecto.

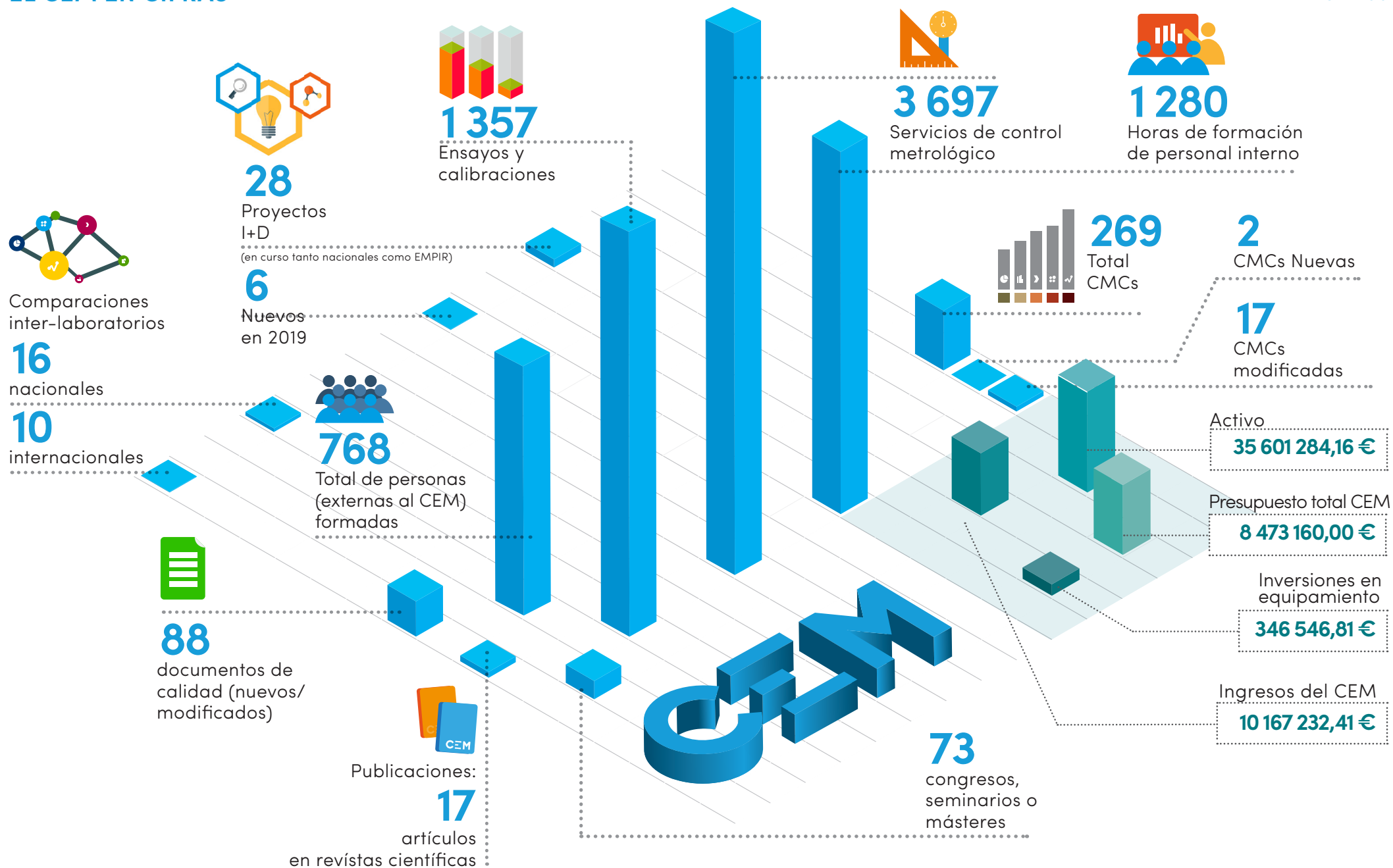
El proyecto está coordinado por el instituto francés de metrología (CNAM) y el CEM, además de con actividades técnicas, en las que se colabora con el Instituto de Micro y Nanotecnología del CSIC, también participa en la coordinación del proyecto liderando el paquete de trabajo de impacto.

El consorcio está formado además por los institutos nacionales de metrología de Alemania (PTB), Holanda (VSL) y Finlandia (VTT). También se cuenta con la participación de otros centros de investigación como el CNRS francés y universidades como SU, TU-Delft y TUBS.



→ El Centro Español de Metrología, representado por su Director, José Manuel Bernabé Sánchez y el Instituto Portugués para la Calidad (IPQ), representado por su Presidente, Sr. Antonio Mira dos Santos firmaron el 27 de febrero de 2019, en Lisboa, un **memorando de entendimiento** para fortalecer la cooperación entre ambas instituciones, con el fin de aprovechar al máximo los recursos existentes y avanzar de manera coordinada en los desarrollos metrológicos que la sociedad demanda en ámbitos como la salud, el medio ambiente, la energía, la Industria 4.0 o la metrología cuántica.

En la misma línea se firmó un memorando de entendimiento entre el CEM y el Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS).



PUEDES ENCONTRAR MÁS INFORMACIÓN DE NUESTRA ACTIVIDAD EN LA DIRECCIÓN WWW.CEM.ES

PRESIDENTE

Sr. D. Raúl Blanco Díaz, Secretario General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa y Presidente del CEM

VICEPRESIDENTE

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

SECRETARÍA

Sra. D^a. M^a José Hita Ugena, Secretaria General del CEM

Sr. D. Juan Manuel Caballero Sánchez, Secretario General del CEM

VOCALES

Sr. D. Angel Silván Torregrosa, M^º de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación

Sr. D. Robert de Jorge Domingo, M^º de Hacienda

Sra. D^a. Ana Cristina Trifón Arévalo, M^º de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana

Sra. D^a Alicia Iozano Merayo, M^º de Política Territorial y Función Pública

Sr. D. Óscar Sáenz de Santa María Gómez-Mampaso, Abogado del Estado Jefe del M^º de Industria, Comercio y Turismo.

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

Sr. D. Miguel Ángel Martín-Delgado, Universidad Complutense de Madrid

«Esta Memoria del Centro Español
de Metrología corresponde
al ejercicio cerrado
el 31 de diciembre de 2019»

NIPO 113-20-005-5



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, COMERCIO
Y TURISMO

CEM
CENTRO ESPAÑOL
DE METROLOGÍA