

**CEM**



2018

**Oferta de servicios para el suministro de trazabilidad al SI y apoyo a la I+D: R&D: CEM & LL.AA.**

**LL. AA.**



**ROA**



**IO-CSIC**



**ISCIII**



**CIEMAT**



**LCOE - FFII**



**INTA**

**Comisión de Laboratorios Asociados**

24-9-2018

## Oferta de servicios para el suministro de trazabilidad al SI y apoyo a la I+D

### Red: Centro Español de Metrología (CEM) & Laboratorios Asociados (LL.AA.)

#### INDICE

1.- Introducción .....	2
2.- Objetivos .....	3
3.- Presentación de los Laboratorios.....	4
3.1.- Centro Español de Metrología (CEM) .....	4
3.2.- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) .....	5
3.3 Instituto de Óptica “Daza de Valdés” del CSIC .....	7
3.4.- Laboratorio de Patrón Nacional de Ozono (PNO-CNSA).....	8
3.5.- Laboratorio Nacional de Metrología de radiaciones ionizantes (LMRI-CIEMAT) .....	10
3.6.- Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) .....	12
3.7.- Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia (LCOE).....	13
4.- Instalaciones y Servicios.....	14
4.1.- CEM .....	15
4.2.- INTA.....	23
4.3.- IO-CSIC.....	28
4.4.- PNO-CNSA .....	30
4.5.- LMRI-CIEMAT .....	31
4.6.- ROA .....	33
4.7.- LCOE .....	37
5.- Como acceder a los servicios .....	41

**Una buena medida, mejora la productividad y la calidad; es la base de la confianza del consumidor y del comercio, y es vital para la competitividad industrial.**

**"La ciencia empieza cuando la medición comienza. La ciencia exacta no es posible sin medida." (Mendeleev)**

## 1.- Introducción

En la vida cotidiana, todos dependemos de unas medidas fiables que respalden al comercio, a la legislación, a la fabricación sostenible y al bienestar de la sociedad, p.e. atmosfera limpia, suministro de energía segura y mejora de la salud de los ciudadanos. Con el rápido avance de la ciencia y las tecnologías, la demanda en nuevas técnicas de medida y mediciones con una fiabilidad y exactitud sin precedentes, continúa creciendo para satisfacer estos requisitos. Como consecuencia, existe una clara necesidad de la I + D en metrología y de disponer de una red de laboratorios de alto nivel, que pueda respaldar todo este trabajo de investigación. La Metrología, la ciencia de la medida, juega un papel oculto en la innovación. Es una componente indispensable en nuestra sociedad industrializada y cada vez más globalizada. La metrología impulsa la innovación a través de la explotación del vínculo entre la ciencia de la medida y el avance tecnológico. Las capacidades avanzadas de medida son esenciales para la innovación en cada área principal de la economía y en cada etapa, desde el descubrimiento hasta la comercialización. En consecuencia, desarrollar y mejorar las capacidades de medida disponibles en un país es esencial para fortalecer y apoyar los procesos de innovación tecnológica y el desarrollo industrial. La metrología es la espina dorsal de la columna vertebral de nuestro mundo de alta tecnología.

La disponibilidad de equipos de medida y la capacidad de usarlos eficientemente son esenciales para que los científicos puedan documentar objetivamente los resultados que logran. Las medidas fiables y trazables permiten a la comunidad científica en general, construir mejores instrumentos y hacer mejor ciencia.

En España, el Centro Español de Metrología (CEM) y los Laboratorios Asociados (LL.AA.) constituyen una adecuada red que proporciona instalaciones y conocimientos para promover y facilitar la investigación y el desarrollo en colaboración, a fin de ser un vehículo eficaz para atender las necesidades de las nuevas tecnologías de medida, muchas de las cuales tendrán una amplia utilidad. Se pone a disposición las capacidades de medida y las herramientas requeridas por la ciencia y la industria para acelerar la innovación.

La excelencia en ciencia empleada en el CEM y los LL.AA., incluyendo la investigación y el desarrollo en la frontera del conocimiento, es esencial para mantener el liderazgo de la infraestructura nacional de metrología. Este desafío se aborda mediante la construcción de una masa crítica y el reequilibrio de las capacidades científicas básicas, el mantenimiento de la amplitud del ámbito a través de la asociación, la atracción de investigadores estrella y la creación de un entorno atractivo para los científicos de clase mundial en las instalaciones de esta red. CEM & LL.AA. proporcionan el epicentro a este desafío, lo que permite que el gobierno invierta en instalaciones, capacidades, habilidades y mantenimiento que puedan ser utilizados por los investigadores internos y externos.

CEM & LL.AA. es una red de metrología formada por 7 instituciones nacionales públicas y privadas que se encargan de desarrollar y mantener los patrones nacionales de medida para una o más magnitudes y que por esa razón, sus actividades de investigación se realizan en el estado del arte con algunas instalaciones singulares. Esta red es una respuesta a los nuevos desafíos para la metrología que apuntan a un mayor nivel de integración y coordinación en la investigación científica.

El CEM y los LL.AA. constituyen una red abierta a todos los actores (instituciones académicas, instituciones de investigación y a la industria, tanto nacionales como extranjeras) que promueve la internacionalización de la metrología y fomenta la búsqueda de soluciones para abordar el gran desafío global con un enfoque multidisciplinario. Estas infraestructuras singulares apoyan tanto al sector público como al privado para garantizar que España tenga las capacidades de medida y las herramientas requeridas por la ciencia y la industria para acelerar la innovación.

La red es una infraestructura de investigación distribuida, organizada dentro de la Comisión de Laboratorios Asociados del Consejo Superior de Metrología. Coordina, desarrolla y optimiza la infraestructura de metrología de investigación propiedad de las instituciones miembros. Los miembros son:

- Centro Español de Metrología (CEM). Ministerio de Industria Comercio y Turismo
- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Ministerio de Defensa
- Instituto de Óptica “Daza de Valdés” (IO-CSIC). Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.
- Laboratorio de metrología de Radiaciones Ionizantes (LMRI) del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.
- Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA). Ministerio de Defensa
- Instituto de Salud Carlos III. Ministerio de Economía, Industria y Competitividad
- Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia (LCOE). Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial (FFII)

## 2.- Objetivos

El objetivo principal de esta Red de Metrología es abrir sus instalaciones singulares de investigación a la comunidad científica de una manera transparente y competitiva, que facilite enfrentar los desafíos sociales clave, tales como la sostenibilidad energética, el medioambiente y la salud con nuevas tecnologías de medidas fiables, que promuevan, y aceleren la innovación tecnológica a través de la metrología. Tales instalaciones que cubren un amplio espectro de magnitudes, equipos y servicios son, por lo tanto, esenciales para cumplir con los requisitos de

investigación actuales y futuros de los científicos, de la industria, de los legisladores y de los responsables políticos.

El CEM y los LL.AA. proporcionan más de 20 000 m<sup>2</sup> de laboratorios especializados, que incluyen instalaciones de magnitudes mecánicas, ópticas, eléctricas, físico-químicas, cinemáticas y dinámicas, fotometría, radiometría, radioactividad, dosimetría y neutrónica. Para el funcionamiento de estas instalaciones, el CEM y los LL.AA. cuentan con más de 180 expertos en metrología, siendo más del 20% de ellos, doctores en ciencia.

La carta de servicios, descrita en detalle en este documento, abarca desde el asesoramiento y apoyo en desarrollos tecnológicos que requieren mediciones con trazabilidad metrológica primaria, alta exactitud y baja incertidumbre en los campos de medida cubiertos por la infraestructura (física, química, biología, radiación ionizante, etc.) al desarrollo de patrones, e instrumentación de medida adaptada a los procesos o productos así como al apoyo en metrología para el acceso a los programas europeos de I + D + i.

En las siguientes líneas se describen las instalaciones y servicios de cada laboratorio.

### **3.- Presentación de los Laboratorios**

#### **3.1.- Centro Español de Metrología (CEM)**

El *Centro Español de Metrología* es un Organismo Autónomo de la Administración General del Estado. Esta adscrito al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo a través de la Secretaría General de Industria y la Pequeña y Mediana Empresa.

El Centro actual fue creado por el artículo 100 de la Ley 31/1990, de 27 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para 1991. Su Estatuto fue aprobado posteriormente por el Real Decreto 1342/2007 del 11 de octubre.

Según el artículo 149 de la Constitución española, el Centro Español de Metrología es la máxima institución técnica en el campo de la metrología en España y representa al Estado ante las organizaciones internacionales de la metrología científica y legal.

Desde su creación, y a lo largo de los años, el CEM se ha consolidado como una referencia nacional en cuestiones relacionadas con los patrones y la metrología científica. El CEM es uno de los firmantes originales del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (CIPM-MRA). Hoy en día ofrece una amplia lista de capacidades de medida y calibración, reconocidas internacionalmente, que se pueden consultar en la base de datos del BIPM (<http://kcdb.bipm.org/>).

Una de las actividades fundamentales del CEM es la realización de proyectos de I + D + i para el desarrollo de patrones y técnicas de medida, tanto a nivel europeo (programas europeos EMRP / EMPIR) como a nivel nacional.

Ubicado en Tres Cantos, cerca de Madrid, el CEM dispone de una superficie de 80 000 m<sup>2</sup> donde 18 000 m<sup>2</sup> están ocupados por edificios, y de los cuales 10 000 m<sup>2</sup> están dedicados a laboratorios altamente especializados. Sus instalaciones incluyen:

- un edificio central para servicios generales y administrativos,
- un salón de actos con ayudas audiovisuales y capacidad para 200 personas,
- una exposición permanente que reúne una colección de patrones y medidas materializadas que se usaban tradicionalmente en las provincias españolas antes de la aplicación del Sistema Métrico Decimal, así como de instrumentos antiguos y patrones métricos,
- seis edificios de dos pisos con laboratorios especializados, diseñados para satisfacer los estrictos requisitos de las condiciones ambientales necesarias para la realización física y química de los patrones nacionales y de las actividades de I + D,
- instalaciones auxiliares.

Cerca de 100 personas trabajan en el CEM; y más del 50% de ellos tienen una educación de enseñanza superior. Entre ellos, el 60% realiza actividades técnicas y el 40% trabaja en temas administrativos. Este personal se complementa con personal temporal para la realización de proyectos de I + D y personal becario en formación.

La titulación predominante entre el personal técnico incluye:

- Ingeniería Mecánica
- Física
- Química
- Ingeniería de Telecomunicación

El CEM dispone de un Sistema Integrado de Calidad que cubre, además de los requisitos de las normas UNE-EN ISO / IEC 17025 e ISO 34, los establecidos en las normas UNE-EN ISO / IEC 17020, UNE-EN ISO / IEC 17021, UNE- EN ISO 45011 y UNE-EN ISO 14001, habiendo obtenido la certificación AENOR para su Sistema de Gestión Ambiental.

Este sistema integrado de calidad permite al CEM mejorar sus buenas prácticas profesionales y la calidad de sus servicios.

### 3.2.- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)

El Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial es el Organismo Público de Investigación (OPI) especializado en el sector aeronáutico y aeroespacial. Es un organismo autónomo con ánimo de lucro que forma parte del Ministerio de Defensa (de acuerdo con la Ley 15/2014 de 14 de septiembre de 2014), y fue fundado en mayo de 1942 por Esteban Terradas.

Desde su fundación, la Metrología ha estado siempre incluida entre las responsabilidades del Instituto según su Estatuto. El Centro de Metrología y Calibración ha jugado un papel clave ofreciendo soporte a la investigación pública y privada y al sector industrial y metrológico en general, en numerosas magnitudes

de medida. Se puede decir que ha desempeñado de facto el papel de laboratorio nacional hasta la creación del Centro Español de Metrología, momento en el que entra a formar parte oficialmente de la infraestructura nacional de Metrología en el marco del Consejo Superior de Metrología. También ha sido designado por acuerdo del Gobierno de España como Laboratorio Asociado al CEM en las magnitudes de Humedad (Real Decreto 346/2001 de 4 de abril) y Electricidad de Alta Frecuencia (Reales Decretos 250/2004 de 6 de febrero y 1587/2009 de 16 de octubre).

Sus recursos humanos consisten en alrededor de 1500 empleados públicos, entre funcionarios, personal laboral y contratado. Entre ellos, más de 1000 están dedicados por completo a labores de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Un porcentaje aproximado del 50% posee titulación universitaria. Existe adicionalmente una plantilla de unos 400 trabajadores vinculados al Instituto como asistencias técnicas, en virtud de acuerdos de gestión y a través de contratos con empresas privadas.

Las actividades del INTA se llevan a cabo en cuatro campus tecnológicos en el área de Madrid y alrededores (Torrejón de Ardoz, La Marañosa, CEHIPAR y LABINGE), cuatro centros de ensayo (CUADROS en León, ROZAS en Lugo, ARENOSILLO en Huelva y TORREGORDA en Cádiz), así como la estación espacial de MASPALOMAS, en Gran Canaria. INTA opera también tres estaciones espaciales internacionales en España (Robledo de Chavela con la NASA, y Cebreros y Villafranca del Castillo con la Agencia Espacial Europea ESA). Asimismo dispone de otras instalaciones especiales en Guadalajara y en los aeropuertos de Sevilla y Granada. Las instalaciones dedicadas a la Metrología se encuentran situadas en los campus de Torrejón de Ardoz y de La Marañosa.

INTA lleva a cabo actividades científicas y técnicas en el ámbito de la I+D+I, proporcionando servicios de carácter técnico altamente especializados en los siguientes campos: Espacio, Aeronáutica, Naval, Terrestre, Seguridad y Defensa.

Los departamentos responsables de las instalaciones integradas en la red metrológica han implementado un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con los requisitos de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005, tanto a nivel de metrología primaria (patrones) como en aquellas actividades de calibración y ensayo que se desarrollan en el ámbito de los proyectos de I+D+i.

**El Centro de Metrología y Calibración**, integrado en la Subdirección General de Coordinación y Planes, es responsable de la coordinación de todas las actividades del Instituto relacionadas con la metrología. Se trata de un laboratorio consolidado, dedicado a la metrología y a la calibración desde los inicios del INTA, y cuya competencia técnica ha sido evaluada por diversos organismos nacionales de acreditación. Su acreditación se ha mantenido ininterrumpidamente desde la primera, efectuada en abril de 1972 por el British Calibration Service (BCS), hasta la vigente acreditación otorgada por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) al amparo del Acuerdo Mutuo de Reconocimiento de ILAC (ILAC-MRA). El Centro de Metrología y Calibración forma parte del Acuerdo de Mutuo Reconocimiento

del CIPM (CIPM-MRA) como Laboratorio Asociado al CEM en aquellas áreas específicas de su competencia que forman parte de la designación.

En la actualidad ofrece una amplia variedad de servicios de calibración amparados por sus Capacidades de Calibración y Medida (CMC). Los servicios de calibración y las CMC que forman parte del acuerdo CIPM-MRA pueden consultarse en la base de datos del BIPM (<https://kcdb.bipm.org/>). En el caso de las CMC al amparo del acuerdo ILAC-MRA, pueden consultarse en la página web de ENAC (<https://www.enac.es/web/enac/entidades-acreditadas/>).

El Centro de Metrología y Calibración participa directamente en proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en el marco metrológico europeo (EMRP/EMPIR). De forma indirecta asegura también su participación en otros proyectos de investigación a nivel nacional, europeo y extracomunitario, proporcionando servicios de medida que garanticen la trazabilidad metrológica de los resultados de investigación obtenidos por otros departamentos del INTA, así como por otros organismos externos de investigación.

### 3.3 Instituto de Óptica “Daza de Valdés” del CSIC (IO-CSIC)

El Consejo Superior de Investigación (CSIC) es la mayor institución pública dedicada a la investigación en España y la tercera en Europa. Pertenece al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, a través de la Secretaría de Estado de Universidades, Investigación, Desarrollo e Innovación. Su misión es la promoción, coordinación, desarrollo y difusión de la investigación científica y tecnológica de carácter multidisciplinar, para contribuir al avance del conocimiento y el desarrollo económico, social y cultural, así como a la capacitación de personal y el asesoramiento de entidades públicas y privadas en esta área.

El CSIC está formado por una red de centros e institutos que realizan investigación científica de forma independiente. Cada instituto tiene un director y está organizado en departamentos que agrupan equipos de investigación relacionados. El Instituto de Óptica “Daza de Valdés” (IO-CSIC) es uno de esos institutos. Sus miembros, que están altamente reconocidos internacionalmente, realizan investigación y desarrollan tecnología en óptica y fotónica, contribuyendo significativamente a la misión del CSIC de crear impacto en la ciencia y en la sociedad (<http://www.io.csic.es>).

Casi desde el principio (años cincuenta), el IO-CSIC ha estado investigando en fotometría y colorimetría y más tarde en radiometría, surgiendo de esa investigación los patrones primarios nacionales en el área de Fotometría y Radiometría, que hoy en día requieren instalaciones experimentales y equipos altamente cualificados. Estas instalaciones son muy fiables metrológicamente, ya que los patrones nacionales que ayudan a definir y mantener se trazan al sistema internacional de unidades a través de comparaciones organizadas por el Comité Internacional para Pesos y Medidas (CIPM) o las organizaciones metrológicas regionales como EURAMET. Estas instalaciones no sólo son útiles para definir unidades y realizar patrones, sino también para desarrollar proyectos de investigación donde la medición de cambios en el campo de radiación óptica (distribución espectral de potencia, fase, frecuencia, distribuciones angulares o



espaciales) es un punto clave y debe realizarse con baja incertidumbre, menor que la habitual que se puede obtener de las calibraciones realizadas por los laboratorios de calibración de acuerdo con sus capacidades de medida y calibración. Se pueden encontrar ejemplos en áreas tan diferentes como la astrofísica, la ciencia y la tecnología espaciales, la teledetección, la observación de la Tierra, la medicina y el diagnóstico clínico, la eficiencia energética y la iluminación, las telecomunicaciones ópticas, los estudios de medio ambiente y cambio climático, la física fundamental, la ciencia de materiales, las tecnologías de defensa ...

Por lo tanto, IO-CSIC ofrece su "Laboratorio de Fotometría, Radiometría y Fibras Ópticas" con una extensión de 300 m<sup>2</sup>, que alberga laboratorios altamente especializados para la medición de la radiación óptica.

Además del personal permanente que gestiona el laboratorio (3 doctores responsables de los proyectos y 2 técnicos para realizar el trabajo técnico), se dispone de personal temporal para la implementación de proyectos de I + D y el personal contratado en formación.

#### 3.4.- Laboratorio de Patrón Nacional de Ozono (PNO-CNSA)

El laboratorio del Patrón Nacional de Ozono es una infraestructura de investigación perteneciente al Área de Contaminación Atmosférica (ACA) del Centro Nacional de Sanidad Ambiental (CNSA), Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) (<http://www.isciii.es>).

El Instituto de Salud Carlos III es el principal Organismo Público de investigación (OPI), financiando, gestionando y ejecutando la investigación biomédica en España.

Con una trayectoria de más de 20 años dedicados a la investigación en ciencias de la salud y la vida así como en la prestación de servicios de referencia, es también el órgano de dirección de la Acción Estratégica en Salud (AES) en el contexto del Plan Nacional de I&D&I.

El Instituto de Salud Carlos III se encuentra adscrito orgánicamente al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (Real Decreto 865/2018) y funcionalmente además al Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social (Real Decreto 1047/2018), y su misión principal es promover la generación de conocimiento científico en ciencias de la salud y pilotar la innovación en cuidados de la salud y prevención de enfermedades.

El CNSA es el organismo técnico y científico del Instituto de Salud Carlos III, poniendo el foco en los aspectos sanitarios de los problemas derivados de la contaminación ambiental. Su propósito principal es la caracterización de los riesgos potenciales de los contaminantes ambientales a los que está expuesta la población.

Fue creado por el Decreto 252/1974, de 25 de enero y más tarde entro a formar parte del Instituto de Salud Carlos III (Ley 14/1986)

Actualmente más de 100 personas con elevada cualificación técnica trabajan en el CNSA, y sus laboratorios tienen una extensión de más de 3000 metros cuadrados equipados con instrumentación de la más alta tecnología. El trabajo se realiza bajo un sistema de calidad UNE-EN ISO/IEC 17025 y está acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) para 186 ensayos distribuidos en las diferentes unidades funcionales: Contaminación Atmosférica, Hídrica y Toxicología Medioambiental y Radioprotección.

Los ocho laboratorios (siete de ensayo y uno de calibración) pertenecientes al CNSA están incluidos en la Red de infraestructuras y laboratorios Madri+d.

Además el CNSA cuenta con un Programa de Calidad que garantiza la competencia técnica de los ensayos acreditados y una Unidad de Formación que da soporte a la implementación y difusión de los proyectos formativos del centro.

## FUNCIONES

- Asesoramiento técnico y científico y apoyo en asuntos de su competencia a organismos públicos y privados.
- Servicios en el campo de la salud y el medio ambiente.
- Investigación.
- Estandarización.
- Formación especializada.
- Laboratorio asociado al *Centro Español de Metrología* (CEM) and titular del Patrón Nacional de Ozono (R.D. 250/2004)
- Laboratorio de referencia de la Red de Laboratorios de Alerta Biológica - RELAB (Order PRE 305/2009).
- Laboratorio Nacional de Referencia de Calidad del Aire (R.D. 102/2011).
- Autorizado por el Consejo de Seguridad Nuclear para la realización de dosimetrías personales en instalaciones radioactivas.
- Laboratorio de referencia de la OMS-Europe para la determinación de mercurio en pelo.

El Área de Contaminación Atmosférica (ACA) es el Laboratorio Nacional de Referencia (LNR) en calidad de aire, designada por el ISCIII en el RD 102/2011 de 28 de enero responsabilizándose del Patrón Nacional de Ozono.

Para cumplir con el artículo 2 del RD 250/2004 según el cual el CNSA es el responsable de la difusión del Patrón Nacional de Ozono, el ACA lleva a cabo las siguientes actividades:

- Participación en intercomparaciones de los patrones nacionales de ozono organizadas por el *Bureau International des Poids et Mesures* ([www.bipm.org](http://www.bipm.org)).
- Organización de ejercicios de intercomparación de calibraciones para analizadores de ozono.
- Organización de ejercicios de intercomparación de ozono "in situ" .

- Calibración de patrones de transferencia de ozono de las redes españolas de calidad del aire, y de laboratorios de calibración nacionales e internacionales.

El ACA está acreditada para 154 ensayos en aire ambiente de acuerdo a la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025, que asegura la calidad de los servicios.

### 3.5.- Laboratorio Nacional de Metrología de radiaciones ionizantes (LMRI-CIEMAT)

La medida de las radiaciones ionizantes (RI) es una de las ramas relativamente jóvenes de la metrología, en comparación con la metrología clásica de longitud, masa y temperatura. Dados los fenómenos que contiene y trata (radioactividad, interacciones, tipos de detección, ...) es más complejo que el resto de las metrologías y, por lo tanto, sus valores de incertidumbre son mucho más altos en general que en el resto de las ramas de la metrología.

Las RI tienen aplicaciones beneficiosas para la humanidad en las áreas de medicina, industria, medio ambiente, energía, etc. Además, es muy consciente de los riesgos de uso indebido de las RI, lo cual ha permitido desarrollar e implementar un sistema de protección radiológica y el desarrollo de la metrología de RRIL.

El LMRI del CIEMAT es la referencia nacional por Real Decreto, que consta de los siguientes laboratorios (instalaciones radiactivas):

- Laboratorio de patrones Alpha.
- Laboratorio de centelleo de líquidos.
- Laboratorio de espectrometría alfa, X y gamma.
- Laboratorio de referencia para radiación gamma en niveles de protección ambiental.
- Laboratorio de referencia de rayos X en niveles de protección.
- Laboratorio de referencia para radiación gamma a niveles de terapia (hospitales).
- Laboratorio de referencia para la radiación beta.
- Laboratorio de Patrones Neutrónicos.

El LMRI CIEMAT comenzó sus actividades en metrología de radionúclidos en 1961, en una intercomparación de una muestra de  $^{198}\text{Au}$  patrocinada en ese momento por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM). En 1978, comenzó sus actividades en metrología de patrones dosimétricos, energía de  $^{60}\text{Co}$  y niveles de terapia, para hacerlo más tarde en 1983 en niveles de protección y para haces de rayos gamma y beta. Posteriormente fue reconocido como Laboratorio Nacional por el Sistema de Calibración Industrial (SCI) del Ministerio de Industria y Energía. En 1996 fue declarado por Real Decreto 533/96 como depositario de los patrones nacionales de unidades de actividad, exposición, kerma y dosis absorbida y al mismo tiempo Laboratorio asociado al *Centro*

*Español de Metrología (CEM)*, adquiriendo a nivel estatal la responsabilidad de mantener y difundir dichos patrones nacionales.

El LMRI depende de la Subdirección General de Relaciones Institucionales y Transferencia de Conocimiento del CIEMAT, siendo un punto de referencia nacional para establecer, mantener y difundir los patrones nacionales de las magnitudes de la física nuclear.

Los principales objetivos del LMRI son:

- Establecer, mantener y difundir en nombre del Estado español, según el Real Decreto 533/1996, de 15 de marzo (BOE nº 77, de 29 de marzo), el Patrón nacional de las unidades de Actividad del SI (becquerel), Exposición (Culombio.  $\text{kg}^{-1}$ ), Kerma (gris) y Dosis Absorbida en la Orden de MOPTMA del 11 de abril de 1996 (BOE 99), como Laboratorio Asociado al Centro Español de Metrología (CEM) en el campo de la radiación ionizante.
- Asumir la representación nacional en el campo de la metrología de las radiaciones ionizantes ante organizaciones internacionales, como el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), el Comité Consultivo para Rayones de Ionizantes, la Oficina Internacional para Metrología de Radionucleidos (ICRM), la Colaboración de los Institutos Nacionales de Metrología (EURAMET) y otros.
- Asegurar la trazabilidad internacional de los Patrones Nacionales para la radiación ionizante a través del cumplimiento de los requisitos del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de los Institutos Nacionales de Metrología (MRA), promovido por el Comité Internacional de Pesas y Medidas desde 1999, estableciendo un Sistema de Calidad ISO 17025 y participando en las Intercomparaciones Clave de CIPM / BIPM, las Suplementarias de EURAMET y en el "Sistema Internacional de Referencia" (SIR) del BIPM.

Para lograr sus objetivos, el LMRI debe garantizar, al mismo tiempo que la trazabilidad internacional, la coherencia de las medidas de radiación ionizante en el país en todos los sectores, industria, salud o investigación, y en aplicaciones tan diversas como calibraciones y ensayos de protección de radiación industrial, protección radiológica, medicina nuclear, técnicas de experimentación con radionúclidos o vigilancia radiológica ambiental.

El LMRI tiene las siguientes disposiciones legales y reconocimientos técnicos:

- 1) Real Decreto 1952/2000, de 1 de diciembre (BOE No. 289, de 2 de diciembre), que aprueba el Estatuto del CIEMAT, establece entre las funciones establecidas en el artículo 3, sección f, "La prestación técnica de servicios y emisión de certificaciones de las medidas, ensayos y calibraciones que se realicen en sus laboratorios, cuando se soliciten y en las condiciones que, en cada caso, se establezcan".

- 2) Real Decreto 533/1996, de 15 de marzo (BOE nº 77, de 29 de marzo), que declara al Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del CIEMAT como:
- Laboratorio depositario de los Patrones nacionales de medida de unidades derivadas de la Actividad (de un radionúclido), Exposición (rayos X y gamma), Kerma y dosis absorbida (Artículo 1).
  - Laboratorio Asociado al Centro Español de Metrología (CEM) en el campo de las radiaciones ionizantes (artículo 2).
  - Responsable, en nombre del Estado, para la custodia, conservación, mantenimiento y difusión de los Patrones Nacionales de estas unidades, en coordinación con el Centro Español de Metrología (artículo 3), en virtud de la competencia conferida a esta Organización por la sección 2. del artículo 4 de la Ley 3/1985, de 18 de marzo, de Metrología.

En 2013, el LMRI ha incorporado un nuevo Laboratorio de Patrones Neutrónicos que añade una nueva magnitud: la fluencia neutrónica

- 3) Los patrones nacionales de las unidades derivadas del sistema internacional de unidades cuya custodia, mantenimiento, conservación y diseminación corresponde al LMRI del CIEMAT se definen en la ORDEN ITC / 2581/2006, de 28 de julio (BOE No. 186 de 5 de agosto).
- 4) En su calidad de laboratorio de patrones nacionales, firmante, a través del CEM, del Acuerdo de "Reconocimiento mutuo de patrones de medida nacionales y certificados de calibración y medida emitidos por los institutos nacionales de metrología" (MRA), promovido por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM, 1999) y suscritas por los países de la Convención de Metro.

### 3.6.- Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA)

*El Real Instituto y Observatorio de la Armada* en San Fernando (ROA) es un organismo del Ministerio de Defensa de España que depende del Almirante de Servicios Generales, Asistencia Técnica y Sistemas de Información y Telecomunicaciones del Estado Mayor de la Armada.

El ROA fue fundado en 1753, después de la participación de Antonio de Ulloa y Jorge Juan en la Campaña promovida por la "Académie des Sciences du Paris" para medir un grado del Círculo Meridiano en la Real Audiencia de Quito, actualmente Ecuador.

Desde entonces, el ROA ha estado sirviendo a la Armada y a España participando en investigaciones científicas y colaborando activamente en campañas Astronómicas, Geodésicas y Geofísicas relevantes.

Las principales actividades en el ROA cubren los siguientes campos: Astrometría, Rotación de la Tierra, Sismología, Geofísica, Satélites Artificiales, Efemérides, Mecánica Celeste, Escalas de Tiempo y Transferencia y Difusión de Tiempo.

Por Real Decreto (RD 1308/1992), se declara al ROA Laboratorio Asociado (Instituto Designado) al Centro Español de Metrología (CEM) en el campo metrológico del tiempo y la frecuencia en España.

La misión de la Sección de Hora es la conservación, con el máximo rigor, del patrón nacional de la unidad de tiempo: el segundo, así como la determinación, mantenimiento y difusión de la escala de Tiempo Universal Coordinado propia, UTC(ROA), base de la Hora Legal Española. Esta escala se mantiene con una incertidumbre inferior a 2,5 ns respecto al Tiempo Universal Coordinado (UTC) y una frecuencia con una incertidumbre relativa de  $1 \times 10^{-14}$ .

### 3.7.- Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia (LCOE)

El laboratorio LCOE fue creado en 1949 por el Ministerio de Industria y el Ministerio de Educación, dentro de las instalaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid, UPM. En 1992, el LCOE se integró en la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial, FFII.

Actualmente, trabajan en el LCOE más de 100 personas de alta cualificación técnica, sus laboratorios tienen una extensión de más de 5000 metros cuadrados y están equipados con instrumentación de alta tecnología. Funciona bajo un sistema de calidad UNE-EN ISO / IEC 17025 y está acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación (ENAC) para muchas actividades de ensayo y calibración, no solamente en Alta Tensión.

El LCOE, específicamente el Centro Tecnológico de Alta Tensión de la FFII, es una herramienta de apoyo para la industria y para la I + D + i en el Área de Ingeniería Eléctrica de alta tensión, en diferentes campos de acción. Debido a su estructura, personal e instalaciones, así como por su experiencia, prestigio, acreditaciones y premios nacionales e internacionales, el LCOE es una referencia internacional en las Áreas de Alta Tensión y Metrología.

El laboratorio principal de Alta tensión, LAT, tiene dos salas de ensayos, la de Alta Tensión, de tamaño 40 m x 25 m x 25 m, y la de media tensión, de 29 m x 13 m x 12 m, junto con una cámara climática de 5,5 m x 3 m x 3 m.

La sala de Alta Tensión tiene un generador de frecuencia industrial de hasta 1 MV (50 Hz / 60 Hz) y un generador de impulsos de hasta 2,4 MV (impulsos tipo rayos) o 1,3 MV (impulsos tipo maniobra). La sala de Media Tensión se divide en cinco áreas de ensayo, donde es posible realizar ensayos de frecuencia industrial de hasta 150 kV, ensayos de impulso tipo rayo de hasta 400 kV, mediciones de relación y fase en transformadores de medida, tanto de tensión como de corriente, medida de descargas parciales de alta sensibilidad en la jaula de Faraday y ensayos de funcionamiento en transformadores de potencia, tales como medida de impedancia de cortocircuito, pérdidas, prueba de calentamiento, medición de la resistencia de los arrollamientos, sobretensión inducida, etc. La cámara climática permite realizar pruebas de funcionamiento a temperaturas extremas, simulando condiciones ambientales severas entre -40 °C y +60 °C.

#### Reconocimientos internacionales y acreditaciones de LCOE:

- Reconocimiento BIPM: LCOE fue reconocido por el Centro Español de Metrología (CEM) en 2001 (RD 346/2001) como Laboratorio Asociado con CEM, para mantener de los patrones españoles de Alta Tensión y fue ratificado por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) . El reconocimiento internacional, como Instituto de Metrología Designado, DI, permite al LCOE emitir Certificados BIPM para difundir la trazabilidad de alta tensión y magnitudes e impulsos de alta corriente. Actualmente ofrece una amplia gama de Capacidades de Calibración y Medida en alta tensión y alta corriente, que para servicios CIPM-MRA se puede consultar en la página del BIPM (<https://kcdb.bipm.org/>) y para servicios ILAC-MRA en la página web de ENAC (<https://www.enac.es/web/enac/entidades-acreditadas/>)
- ILAC / ENAC: LCOE está acreditado por ISO / IEC 17025 por ENAC, el Organismo Nacional de Acreditación español que es miembro de ILAC. El número de acreditación es ENAC 3 / LE130 para servicios de ensayo y ENAC 1 / LC10.001 para servicios de calibración.
- STL: LCOE es miembro de la Asociación Española de Laboratorios de Alta Potencia (AELP), que es actualmente miembro solicitante en la Asociación de laboratorios de potencia “Short Testing Liaison, (STL).

## 4.- Instalaciones y Servicios

Todos los laboratorios de la red de metrología proporcionan **servicios de calibración** y medidas y sus capacidades se pueden consultar o en su propia página web o para aquellas reconocidas internacionalmente en la página web del BIPM (<https://kcdb.bipm.org/>).

Otros servicios disponibles son:

- Apoyo a la implementación de sistemas de gestión de la calidad basados en la Norma ISO / IEC 17025, en laboratorios de metrología.
- Apoyo como experto técnico en equipos de auditoría y revisiones por pares.
- Apoyo tecnológico, realización de estudios, seminarios o cursos en áreas específicas.
- Formación de personal técnico en diferentes campos de la metrología.
- Apoyo a la organización de comparaciones, incluida la dirección técnica.
- Asesoramiento en la definición de capacidades metrológicas (CMC).
- Asesoramiento para el establecimiento de contribuciones de incertidumbre en diferentes campos metrológicos.

En las siguientes líneas se describen algunas instalaciones y servicios más específicos centrados en I + D + i:

#### 4.1.- CEM

El CEM puede ofrecer las siguientes instalaciones y servicios en el marco de la Red de Metrología:

##### *Unidad SI de Longitud*

Instalaciones para la realización práctica, el mantenimiento y la diseminación del patrón nacional de la unidad de longitud del SI, el metro.

Instrumentos singulares: sintetizador óptico basado en tecnología de peine de frecuencia, referenciado al patrón de frecuencia del Cs, láseres de helio-neón estabilizados en Iodo y sistemas modulares para la detección óptica de batido.

Servicio ofrecido: Caracterización metrológica de fuentes láser y sistemas interferométricos de medida:

- determinación de la frecuencia y la estabilidad de las fuentes láser utilizadas en investigación, industria, medicina, etc., con la menor incertidumbre,
- determinación de los errores de medida de los sistemas interferométricos laser de medida (SIL) de cara a su utilización en mediciones de largo alcance en entornos industriales (aeroespacial, aviónica, construcción naval, etc.),
- caracterización de los sensores medioambientales de los SIL y ajuste de los mismos, de cara a compensar debidamente la influencia del índice de refracción del aire y obtener la longitud de onda real en las condiciones ambientales reinantes,
- obtención de resultados fiables y trazables en los proyectos, ayudando a validar las hipótesis de partida y apoyo a las publicaciones científicas.

##### *Patrones materializados*

Instalaciones para transferir la unidad SI de longitud a patrones materializados de alto nivel metrológico utilizados como referencia en Laboratorios de Metrología o formando parte integral de equipos y sistemas de medida, confiriéndoles la trazabilidad metrológica necesaria.

Instrumentos singulares: interferómetro para determinación de longitudes de bloques patrón longitudinales y comparador interferométrico universal.

Servicio ofrecido: Caracterización metrológica patrones materializados:

- determinación interferométrica de la longitud de bloques patrón longitudinales de hasta 100 mm, con incertidumbre nanométrica,
- determinación de longitudes por comparación interferométrica:
  - determinación de la longitud de bloques patrón hasta 1200 mm, con incertidumbre  $U(k=2) \geq Q[70 \text{ nm}; 0.4 \cdot 10^{-6} \text{ L}]$ ,



- calibración de columnas rígidas de bloques patrón, utilizadas para transferir la unidad de longitud a máquinas de medición por coordenadas, con incertidumbre  $U(k=2) \geq Q[90 \text{ nm}; 0.45 \cdot 10^{-6} \text{ L}]$ ,
- calibración de patrones a trazos de alta precisión, mediante enrase óptico y software de reconocimiento y tratamiento de imagen, con incertidumbre  $U(k=2) \geq Q[70 \text{ nm}; 0.4 \cdot 10^{-6} \text{ L}]$ .

### *Mediciones Angulares*

Realización práctica y mantenimiento de la unidad SI de ángulo plano. Caracterización de patrones e instrumentos del más alto nivel metrológico, dotándolos de la trazabilidad metrológica necesaria.

Instrumentos singulares: generador angular absoluto, goniómetro automático y autocolimadores fotoeléctricos.

Servicios ofrecidos:

- caracterización metrológica de patrones angulares e instrumentos para mediciones angulares,
- soporte a la caracterización de patrones e instrumentos de medida utilizados en instalaciones singulares, tales como Sincrotrones o FEL (free electron laser), donde la fiabilidad de los resultados experimentales y la confirmación de las hipótesis de partida dependen del estado metrológico de dicha instrumentación.

### *Metrología por coordenadas*

Instalaciones para la caracterización de patrones de transferencia y sistemas y máquinas de medición por coordenadas. Desarrollo y aplicación de métodos metrológicos validados para la obtención de resultados fiables y trazables en sistemas de medición 1D a 3D, tanto táctiles como ópticos.

Instrumentos singulares: máquina de medición de una coordenada horizontal, máquina de medición por coordenadas híbrida (contacto y visión), sistema interferometría láser diferencial, y equipo para medición de formas, de alta exactitud.

Servicios ofrecidos:

- caracterización metrológica de sistemas de medición por coordenadas y sus patrones,
- medición de subsistemas complejos, con tolerancias micrométricas, y estudio de su comportamiento después de someterlos a ciclos térmicos y de vibración,
- soporte a aplicaciones que requieran subsistemas embebidos en misiones aeroespaciales o satelitales.

### *Topografía y Geodesia*

Instalaciones para la caracterización de instrumentos utilizados en topografía y geodesia (estaciones totales, distanciómetros electrónicos, miras topográficas, niveles, etc.) así como de equipamiento para la medición de grandes volúmenes (laser tracker, laser scanner, etc.).

Instrumentos singulares: sistema laser tracker absoluto, banco de verificación interferométrica, de gran capacidad, banco de colimadores ópticos y línea base patrón.

Servicios ofrecidos:

- caracterización metrológica de instrumentos topográficos y geodésicos utilizados en industrias del ámbito espacial, la aviónica o el sector eólico, así como en topografía y geodesia, para la obtención de resultados trazables y fiables,
- verificación de sistemas laser scanner utilizados en la industria de automoción, o en aplicaciones de preservación de monumentos históricos, etc.

### *Micro y nanometrología*

Instalaciones para la realización de mediciones trazables y fiables en micro y nanometrología, y para la caracterización de patrones utilizados en estos campos (analizadores de calidad superficial, microscopios ópticos, holográficos, SPM), etc.

Instrumentos singulares: microscopio interferencial, microscopio holográfico digital de doble longitud de onda, en modo de luz reflejada, AFM metrológico y perfilómetros de contacto.

Servicios ofrecidos:

- caracterización metrológica de patrones de alta exactitud y de instrumentos empleados en los campos de la micro y la nanometrología

### *Termometría de Contacto*

Instalaciones para la caracterización de sensores de temperatura de contacto en el rango entre -190 °C hasta 1600 °C y para la fabricación de termopares de metales nobles.

Instrumentación singular: medios isotermos, patrones de temperatura trazables y equipos para la realización de medidas trazables de resistencia y fuerza electromotriz en el rango de temperatura entre -189 °C hasta 1600 °C; equipamiento para construir termopares de metales nobles de tipo S, R, B, Au/Pt y Pt/Pd .

Servicio ofrecido: caracterización de sensores de temperatura de contacto en el rango entre -190 °C hasta 1600 °C. El servicio de caracterización pueden

comprender entre otras medidas, la diseminación de la sensibilidad, repetibilidad, deriva, reproducibilidad, etc de los sensores, con trazabilidad a los patrones nacionales. Construcción, caracterización y calibración de termopares de tipo S, R, B, Au/Pt y Pt/Pd a medida.

#### *Preparación y análisis de mezclas de gas*

Instalaciones para análisis químico y preparación de mezclas de gas mediante el método gravimétrico.

Instrumentación singular: sistema de vacío con bomba turbomolecular y calentamiento (vacío hasta  $10^{-7}$  hPa) para la limpieza de botellas, estaciones de llenado, GC-TC, GC-TCD-FID, GC-HID-FID, GC-MS y micro GC-TCD. También se cuenta con un FTIR con celdas de 2 m y 20 m, un CDRS (CO<sub>2</sub>/CO/CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O), analizadores específicos: CO (2 niveles), CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (2 niveles), SO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S, muestreadores y conmutadores automáticos para la selección de muestreadores.

Servicio ofrecido: análisis trazables de mezclas de gas de, entre otros, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, CH<sub>4</sub>, etanol, gas natural (hasta 7 componentes), etc (consultar otros gases) para proyectos de I+D.

#### *Termometría de radiación*

Instalaciones de termometría de radiación para la caracterización de sensores de temperatura de radiación en el rango entre -40 °C a 2500 °C.

Instrumentación singular: distintos cuerpos negros y fuentes de radiación como baños de líquido entre 40 °C y 200 °C (Fuente de diámetro hasta 70 mm), horno de tres zonas entre 200 °C y 600 °C (Fuente de diámetro hasta 70 mm), hornos tipo "heat pipe" entre 200 °C y 950 °C (Fuente de diámetro hasta 30 mm), horno de tres zonas entre 1000 °C y 1600 °C (Fuente de diámetro hasta 20 mm) y hornos entre 1100 °C y 2500 °C (Fuente de diámetro hasta 10 mm).

Servicios ofrecidos: caracterización de sensores de temperatura de radiación en el rango entre -40 °C a 2500 °C. El servicio de caracterización pueden comprender entre otras medidas, la diseminación de la sensibilidad, repetibilidad, deriva, reproducibilidad, etc de los sensores, con trazabilidad a los patrones nacionales.

#### *Instalaciones radiométricas*

Instalaciones para la realización de medidas de radiancia.

Instrumentación singular: fuentes de radiación de tipo cuerpo negro y laser supercontinuo con AOFT de 450 nm a 700 nm y de 1200 nm a 2000nm, y monocromador de 750 mm para realizar medidas de radiancia y de respuesta espectral de sensores.

Servicio ofrecido: medidas de radiancia correspondientes al rango de temperatura entre 200 °C y 2500 °C con longitudes de onda cercanas a 650 nm y 1550 nm. Medidas de la respuesta espectral de sensores de 300 nm a 1600 nm.

### *Mediciones de masa y densidad de sólidos*

Son instalaciones que proporcionan la referencia para todas las mediciones de masa y densidad en todo el país. La determinación del valor de masa para pesas normalizadas y masas en general se puede realizar con incertidumbres muy pequeñas (en el estado del arte).

Instrumentos singulares: conjunto de diversos comparadores de masas de alta exactitud que permiten realizar mediciones de masa de 50 µg a 1000 kg, en algunos casos con resoluciones de hasta 10 ng.

Para valores de masa por debajo de 1 kg, es posible realizar mediciones en diferentes entornos de presión (incluso en condiciones de alto vacío) en diferentes medios de gas.

Servicio ofrecido: El servicio de caracterización podría comprender, entre otras mediciones, la determinación de factores de calibración o correcciones, sensibilidad, repetibilidad, deriva, reproducibilidad, etc.  
Determinación del volumen y la densidad de sólidos desde 2 g hasta 50 kg (para sólidos con masa más grande de 1 kg, la densidad esperada debe ser mayor que la densidad del agua).

### *Mediciones de fuerza y par de torsión*

Son instalaciones que proporcionan la referencia de todas las mediciones de fuerza y par de torsión en todo nuestro país. Se pueden generar fuerzas y pares de torsión con incertidumbres relativas tan pequeñas como 0,001% para los mejores casos.

Equipamiento singular: máquinas patrón de fuerza de carga directa con rangos de 1 kN, 20 kN y 500 kN, máquinas hidráulicas de fuerza con rangos de 2 MN y 10 MN, máquina patrón de par de torsión de carga directa de 1 kN • m, y máquinas de par de torsión por comparación con rangos de 20 N • m y 5 kN • m.

Servicio ofrecido: Caracterización de sensores de fuerza e instrumentación para mediciones de fuerza en el rango de 1 N a 10 MN. Caracterización de sensores de par de torsión e instrumentación para mediciones de par de torsión en el rango de 1 N • m a 5 kN • m. El servicio de caracterización podría comprender, entre otras medidas, la determinación de factores de calibración o correcciones, sensibilidad, repetibilidad, deriva, reproducibilidad, etc.

### *Mediciones de presión y vacío*

Son instalaciones que proporcionan la referencia para todas las mediciones de presión en todo el país. Pueden generar y medir valores de presión desde 1  $\mu\text{Pa}$  hasta 1 GPa con incertidumbres muy pequeñas, con una incertidumbre tan baja como 0.001% para los mejores casos.

Instrumentos singulares: sistema de expansión dinámica para mediciones de alto vacío, sistema de expansión estático para vacío bajo y medio, manobarómetro láser de mercurio para presiones barométricas y multiplicador de presión para poder caracterizar presiones de hasta 1 GPa.

Servicio ofrecido: caracterización de sensores de presión y vacío e instrumentación para mediciones de presión y vacío en el rango de 1  $\mu\text{Pa}$  a 1 GPa. El servicio de caracterización podría comprender, entre otras medidas, la determinación de factores de calibración o correcciones, repetibilidad, deriva, reproducibilidad, etc.

### *Instalaciones de Metrología fundamental y resistencia eléctrica en corriente continua.*

Laboratorios para la medida de Resistencia eléctrica en corriente continua basada en el efecto Hall cuántico.

Instrumentos singulares y equipamiento: Muestras para la realización del efecto Hall cuántico, sistema criogénico, soporte para las muestras y conexiones, imán superconductor, nanovoltímetro digital, generadores de intensidad en corriente continua, equipamiento y patrones de resistencia.

Servicios ofrecidos: Calibración de patrones de Resistencia y equipamiento y instrumentos para la medida de Resistencia en el rango de 1 m $\Omega$  a to 10 T $\Omega$  con una incertidumbre expandida hasta de 0,04  $\mu\Omega/\Omega$ . Los servicios incluyen, entre otras medidas, resistencias patrón en corriente continua, fuentes y medidores de resistencia, todas ellas referidas al patrón de resistencia cuántica en corriente continua.

### *Instalaciones de metrología fundamental y tensión en corriente continua*

Laboratorios para la realización de medidas de tensión en corriente continua referidas al patrón cuántico programable basado en el efecto Josephson.

Instrumentos singulares y equipamiento: Arrays de uniones Josephson convencionales y programables, fuentes de polarización, sistema criogénico, soporte para la muestra y conexiones, todos ellos adecuadas para temperaturas cercanas a los 4,2 K, cámara de Faraday, nanovoltímetros

digitales, generador de microondas sintetizado, contador de microondas, patrones de tensión continua. Todo ello para obtener una incertidumbre expandida de hasta 20 nV en medidas de tensión en corriente continua referida a patrones nacionales.

Servicios ofrecidos: Calibración de patrones de tensión en corriente continua e instrumentos para la medida de tensión continua en el rango de 0,1 mV a to 1 000 V con una incertidumbre expandida de hasta 20 nV. El servicio comprende, entre otras medidas, patrones de tensión continua, fuentes y medidores de tensión y corriente y la determinación de linealidad de multímetros digitales con referencia al patrón cuántico nacional de tensión en corriente continua.

#### *Patrón cuántico de baja frecuencia basado en el efecto Josephson*

Patrones cuánticos de tensión alterna basados en el efecto Josephson.

Instrumentos singulares y equipamiento: "Array" de uniones Josephson para generación de señales digitales programables hasta 10 V, fuentes de polarización programables, sistema criogénico, sistema soporte para el "array" y conexiones, programas informáticos para el control de los instrumentos, guía de microondas, nanovoltímetros e instrumentación.

Servicios ofrecidos: trazabilidad para patrones y equipos de tensión y corriente alterna e instrumentación para medidas en tensión y corriente alterna, en el rango entre 2 mV a 1000 V, de 10 Hz a 1 MHz, con una incertidumbre expandida desde 4  $\mu\text{V/V}$  hasta 400  $\mu\text{V/V}$  y, en corriente, de 5 mA a 100 A, de 10 Hz a 100 kHz, con una incertidumbre expandida desde 4  $\mu\text{A/A}$  hasta 400  $\mu\text{A/A}$ . El servicio puede comprender, entre otras medidas, tensión y corriente alterna en fuentes y medidores con referencia al patrón cuántico nacional de tensión alterna.

#### *Instalación para la medida de potencia y energía*

Laboratorios para la calibración de patrones de referencia de potencia y energía.

Instrumentos y equipos singulares: Patrón para la medida de potencia y energía mediante muestreo digital, shunts coaxiales, divisores de tensión, multímetros digitales, patrones de potencia y energía, patrones de referencia y de transferencia.

Además el laboratorio dispone de analizadores de alta precisión para la medida de armónicos a las frecuencias de la red eléctrica.

Servicios ofrecidos: Calibración de patrones de referencia y de transferencia, media de potencia y energía en el rango de 0,5 V hasta 600 V y de 5mA a 100 A con incertidumbres expandidas hasta  $30 \times 10^{-6}$  trazadas a los patrones nacionales.

### *I&D en el campo de la Acústica*

Instalaciones flexibles para la caracterización de sensores acústicos y desarrollo de proyectos I+D.

Equipo singular: cámara anecoica para cubrir el rango de frecuencia de 160 Hz a 20 kHz y un tubo de onda plana para cubrir el rango de frecuencia de 31,5 Hz a 250 Hz, con una absorción acústica comprobada de  $\geq 0,75$  Hz a 20 Hz.

Servicio ofrecido: medida de respuesta acústica en campo libre con una onda incidente progresiva plana en el dispositivo desde una dirección específica.

### *Instalación "in situ" de Cinemómetros*

El sistema de referencia se basa en cables piezoeléctricos que están incrustados en la carretera y situados perpendicularmente a la dirección de la circulación y a distancias perfectamente conocidas. Calcula la velocidad de los vehículos a través de las señales recibidas de los piezos, cuando éstos son presionados por el paso de los vehículos.

Equipo singular: grupo de cables piezoeléctricos distribuidos en una disposición determinada, y equipamiento para el procesamiento de las señales.

Servicio ofrecido: procesos de evaluación para instrumentos que miden velocidades medias e instantáneas y aceleraciones. Caracterización de sistemas como cinemómetros y la velocidad de vehículos especiales con las incertidumbres más pequeñas.

### *Medición de Acelerómetros y sistemas de Vibración*

Sistema de referencia para la caracterización/calibración de acelerómetros y medidores de vibración. Se puede utilizar para la realización de diferentes ensayos de vibraciones aleatorias y sinusoidales.

Equipo singular: sistema con 3 excitadores amplificadores de potencia (5 Hz - 50 kHz vertical, 0 - 200 Hz horizontal y 0 - 160 Hz vertical), Vibrómetro láser y equipo de adquisición de datos asociado.

Servicio ofrecido: Caracterización de patrones e instrumentación como acelerómetros, medidores y sensores de vibración, y acondicionadores de señales con las más pequeñas incertidumbres.

#### 4.2.- INTA

##### *Instalaciones de medida y generación de temperatura de punto de rocío/escarcha*

Instalaciones de humedad para la caracterización de higrómetros de temperatura de rocío / escarcha en el rango de -75 °C a 95 °C utilizando aire o nitrógeno como gas portador a presiones de hasta 1 MPa.

Instrumentación y equipamiento particular: generadores patrón de humedad, higrómetros de espejo enfriados de precisión, recubrimientos térmicos, máquinas exentas de aceite para la producción de aire seco libre de CO<sub>2</sub>, secadores de adsorción regenerados por calor, patrones de presión y temperatura trazables e instrumentación para realizar mediciones trazables para magnitudes eléctricas (resistencia, tensión y corriente) asociadas a sensores de humedad.

Servicio ofrecido: Caracterización de higrómetros de punto de rocío / escarcha, sensores e instrumentación para medidas de humedad en el rango de -75 °C a 95 °C. El servicio de caracterización comprende, entre otras mediciones, la determinación de la sensibilidad, el coeficiente de temperatura de la humedad, la repetibilidad, la deriva, la reproducibilidad, la histéresis, etc., con trazabilidad a los patrones nacionales.

##### *Instalaciones de medida y generación de trazas de humedad*

Instalaciones de trazas de humedad para la caracterización de analizadores de humedad y otros sensores de trazas de humedad en el rango de 50 nmol/mol a 2000 nmol/mol usando nitrógeno como gas portador.

Instrumentación y equipamiento particular: espectrómetro de masas de ionización a presión atmosférica (APIMS), mezclador de gas de precisión con orificios críticos, balanza de suspensión de acoplamiento magnético (20 g con una sensibilidad de 1 µg) con control de temperatura (20 °C a 150 °C), analizador de trazas de gases mediante espectroscopía de tipo “Cavity Ringdown” (CRDS), generadores de trazas de humedad de tubos de permeación, higrómetros de espejo enfriado de precisión, analizadores de humedad de microbalanza de cristal de cuarzo, patrones de transferencia de flujo másico, enfriadores termostatizados de recirculación para el control de la temperatura de los sensores, patrones de caudal, presión y temperatura trazables, además de instrumentación trazable para realizar medidas de resistencia, tensión y corriente asociadas a sensores de trazas de humedad.

Producción de nitrógeno puro a partir de un tanque de nitrógeno líquido de 6 m<sup>3</sup>, asociado a evaporador y purificadores de gas de lecho activo para la producción del gas cero para las medidas de trazas de humedad a una presión de línea de hasta 1 MPa.

Equipamiento de mecanizado y soldadura orbital para la construcción de sistemas de suministro de gas y colectores de medida para la intercomparación de analizadores y sensores.



Servicio ofrecido: Caracterización de analizadores de trazas de humedad, materiales, sensores e instrumentación para mediciones de humedad en el rango de 50 nmol/mol a 2000 nmol/mol utilizando nitrógeno como gas portador. El servicio de caracterización comprende, entre otras mediciones, la determinación de la sensibilidad, el tiempo de respuesta, el coeficiente de temperatura, la repetibilidad, la deriva, la reproducibilidad, la histéresis, etc., con trazabilidad a los patrones nacionales. Construcción de sistemas de suministro de gas y colectores en acero inoxidable electropulido para medidas de humedad.

#### *Instalaciones de medida y generación de humedad relativa y temperatura en aire*

Las instalaciones de humedad para la caracterización de sensores de humedad relativa y materiales en humedad relativa van desde 1 %hr hasta 98 %hr a temperaturas desde -40 °C hasta 95 °C utilizando aire o nitrógeno como gas portador. Las medidas pueden realizarse a presiones de línea de hasta 1 MPa.

Instrumentación y equipamiento particular: generadores de humedad, higrómetros de espejo refrigerados de precisión, recubrimientos térmicos, máquinas exentas de aceite para la producción de aire seco libre de CO<sub>2</sub>, secadores de adsorción regenerados por calor, producción de nitrógeno puro, purificadores de gas mediante tamices de lecho activo, patrones de presión y temperatura trazables e instrumentación para realizar mediciones trazables de magnitudes eléctricas (resistencia, tensión y corriente) asociadas a sensores de humedad.

Servicio ofrecido: Caracterización de higrómetros de humedad relativa, sensores, materiales e instrumentación para medidas de humedad en el rango desde 1 %hr hasta 98 %hr a temperaturas desde -40 °C hasta 95 °C usando aire o nitrógeno como gas portador a presiones de línea de hasta 1 MPa.

El servicio de caracterización comprende, entre otras mediciones, la determinación de la sensibilidad, el coeficiente de temperatura de humedad, coeficiente de temperatura con respecto a la humedad relativa, la repetibilidad, la deriva, la reproducibilidad, la histéresis, la intercomparación múltiple de sensores, la homogeneidad espacial y la estabilidad temporal de temperatura y humedad relativa en recintos climáticos y térmicos, etc., con trazabilidad a patrones nacionales.

#### *Instalaciones para la medida de potencia de Radiofrecuencia*

Instalaciones para la medida de potencia de Radiofrecuencia: caracterización de sensores de potencia de bajo nivel, medidores de alto nivel (vatímetros) y de patrones de transferencia de potencia (*feedthrough mounts*) en el rango de frecuencias comprendido entre 100 kHz y 40 GHz.

Equipos e instrumentación singulares: monturas bolométricas estabilizadas en temperatura, instrumentación de medida y software de automatización,

desarrollado a medida por INTA, incluyendo el cálculo de la incertidumbre asociada a la medida.

Servicios ofertados: Caracterización de sensores de potencia y de vatímetros en el rango de frecuencias comprendido entre 100 kHz y 40 GHz, para conector coaxial de Tipo N, PC 3.5 mm y PC 2.4 mm.

Los servicios de calibración ofertados incluyen, entre otros, la medida del Factor de Calibración de sensores de potencia, (termistores, termopares y sensores de diodo de bajo nivel), la medida de potencia de Radiofrecuencia, la caracterización sensores en términos de linealidad, sensibilidad, repetibilidad y reproducibilidad, así como la trazabilidad en medidas de alto nivel efectuadas con vatímetros y la caracterización de dispositivos en régimen de alta señal.

#### *Instalaciones para la medida de Atenuación*

Instalaciones para la medida de atenuación: caracterización de atenuadores de Radiofrecuencia entre 0 dB y 110 dB en el margen de frecuencias comprendido entre 100 kHz y 50 GHz.

Equipos e instrumentación singulares: atenuador de pistón WBCO (patrón primario) con alineamiento láser, suministro de aire comprimido en condiciones controladas de humedad y limpieza, y banco de medida asociado con amortiguación neumática. Sistema escalar de medida de atenuación para caracterización de atenuadores por pasos, Analizadores Vectoriales de Redes (VNA), fuentes y generadores de señal de RF, multímetros de precisión.

Servicios ofertados: Caracterización de atenuadores de RF de altas Pérdidas de Inserción (en comparación con los parámetros [S] de transmisión medidos con VNA) entre 0 dB y 110 dB en el margen de frecuencias comprendido entre 100 kHz y 50 GHz.

Los servicios de calibración ofertados incluyen, entre otros, la medida de la atenuación de dispositivos de dos puertas tales como atenuadores fijos, atenuadores por pasos y continuamente variables, incluyendo repetibilidad y reproducibilidad, así como la trazabilidad metrológica requerida.

#### *Instalaciones para la medida de Impedancia*

Instalaciones para la medida de Coeficiente de Reflexión (VRC) de dispositivos pasivos de uno, dos o más puertos, en el margen de frecuencias comprendido entre 100 kHz y 50 GHz.

Equipos e instrumentación singulares: Analizadores Vectoriales de Redes (VNA).

Servicios ofertados: Caracterización de Impedancia en términos de parámetros [S] de reflexión, por medio del uso de un Analizador Vectorial de Redes (VNA) y de software especializado en el margen de frecuencias comprendido entre 100 kHz y 50 GHz.

Los servicios de calibración ofertados incluyen, entre otros, la medida de la impedancia compleja (magnitud y fase) de dispositivos tales como cargas coaxiales fijas, cargas deslizantes, cargas desadaptadas (*offsets, mismatch loads*), terminaciones de alto valor de reflexión (cortos, abiertos), atenuadores y cables. Caracterización en términos de Directividad, factor de Acoplamiento y Aislamiento de dispositivos direccionales como acopladores y puentes direccionales. Caracterización en términos de asimetría y *Source Match* equivalente de dispositivos como *power splitters* y divisores de potencia. Medida escalar de Coeficiente de Reflexión de dispositivos activos como fuentes y generadores de señal de RF.

#### *Instalaciones para la medida de Ruido Electromagnético*

Instalaciones para la medida de Ruido Electromagnético: caracterización de fuentes de ruido en el margen de frecuencias comprendido entre 10 MHz y 26.5 GHz.

Equipos e instrumentación singulares: fuentes de ruido de referencia, Analizadores Vectoriales de Redes VNA (100 kHz a 50 GHz), sistemas de control de temperaturas criogénicas en torno a 77 K, gases de alta pureza para transferencia de calor y equipos para generación de vacío.

Servicios ofertados: Caracterización de fuentes de ruido y de amplificadores en el margen de frecuencias comprendido entre 10 MHz y 26.5 GHz para conector coaxial de Tipo N y PC 3.5 mm.

Los servicios de calibración ofertados incluyen, entre otros, la medida de la Relación de Exceso de Ruido (ENR, dB) de fuentes de ruido de estado sólido y la medida de Ganancia y Figura de Ruido (NF, dB) de amplificadores, así como la trazabilidad metrológica requerida.

#### *Instalaciones para la caracterización de Analizadores Vectoriales de Redes*

Instalaciones para la caracterización de Analizadores Vectoriales de Redes (VNA) en el margen de frecuencias comprendido entre 100 kHz y 50 GHz.

Equipos e instrumentación singulares: Tres Analizadores Vectoriales de Redes en el actual estado del arte, acopladores direccionales, *power splitters*, fuentes de RF, cargas, cables especiales de conexión para los puertos de medida, software de automatización desarrollado a medida en INTA, incluyendo el cálculo de la incertidumbre asociada a la medida a partir de la caracterización previa de las contribuciones individuales que permiten una caracterización completa del funcionamiento del VNA.

Servicios ofertados: Caracterización de Analizadores Vectoriales de Redes, fuentes de RF y dispositivos de uno, dos y más de dos puertos en el margen de frecuencias comprendido entre 100 kHz y 50 GHz, para conector coaxial de Tipo N, PC 7 mm, PC 3.5 mm y PC 2.4 mm.

Los servicios de calibración ofertados incluyen, entre otros, la medida de Coeficiente de Reflexión de fuentes de RF, medida de parámetros [S] en magnitud y fase de dispositivos de uno, dos y más de dos puertos, caracterización de dispositivos direccionales (puentes y acopladores), medida de *Source Match* equivalente de *power splitters*, medida de cargas deslizantes, y la completa caracterización del funcionamiento de Analizadores Vectoriales de Redes a partir de la medida de errores residuales: Directividad, *Test Port Match*, Linealidad, Aislamiento, Ruido, repetibilidad de los conectores, repetibilidad de la calibración y repetibilidad de los cables, incluyendo la combinación de todos ellos en una incertidumbre global asociada a la medida con la unidad de VNA bajo prueba.

#### *Instalaciones para la medida de Antenas y de Sección Radar (RCS)*

Instalaciones para la medida de Sección Radar (RCS) de antenas en el margen de frecuencias comprendido entre 1 y 40 GHz, y de Factor de Antena (AF, dB) en el margen de frecuencias comprendido entre 200 MHz y 1.3 GHz.

Equipos e instrumentación singulares: Campo compacto de medida para la caracterización de antenas y medida de RCS. El campo compacto para la medida de antenas (CATR) del INTA es un completo sistema de medida llave en mano en apoyo de las capacidades de medida del Instituto relativas a Factor de Antena y RCS. Consiste en un área de ensayo dotada de un reflector único, instalada en el interior de una cámara anecoica apantallada de 30.5 m x 18 m x 13 m (L x W x H). El reflector del campo compacto produce un frente colimado de onda de RF delimitando una zona tranquila de ensayo que emule las condiciones de campo lejano. La zona tranquila es un cilindro elíptico de 5.5 m x 5 m x 6 m (W x H x L), válido para medidas comprendidas entre 1 GHz y 40 GHz siempre que se utilice con la adecuada alimentación de RF y demás componentes subsidiarios del sistema de medida. El campo CATR del INTA posee cualificación de clase ISO 8 como área limpia (anteriormente 100,000) en caso de requerirse. Instrumentación adicional: antenas de referencia, analizadores de espectro, generadores de RF, alimentadores de RF y otros componentes y subsistemas.

Servicios ofertados: Medida de los principales parámetros de caracterización de antenas y de medida de Sección Radar (RCS).

Los servicios de calibración ofertados incluyen, entre otros, la medida de diagramas de radiación, ganancia, pérdidas de retorno y eficiencia de antenas, medida de Sección Radar de blancos complejos, caracterización de material absorbente, estudios de interacción entre antenas y estructuras metálicas, etc. Todo en el margen de frecuencias comprendido entre 1 y 40 GHz. Trazabilidad

metrológica del Factor de Antena y de la Ganancia de antenas bicónicas, log-periódicas, antenas dipolo, de bocina, espirales y antenas monopolo, entre otras.

#### 4.3.- IO-CSIC

A partir de la experiencia y los conocimientos de su personal, IO-CSIC puede ofrecer las siguientes instalaciones y servicios:

##### *Laboratorio de radiometría láser*

Esta instalación permite la caracterización de medidores de potencia y radiómetros con una incertidumbre muy baja por comparación con un radiómetro criogénico de sustitución eléctrica (ESCR) en longitudes de onda específicas de láseres. Los ESCR son los radiómetros más exactos en la actualidad. Los institutos nacionales de metrología más importantes basan sus mediciones radiométricas en ellos, como lo hace el IO-CSIC en España para realizar el patrón primario nacional para mediciones de flujo radiante (potencia de radiación óptica).

*Servicio ofrecido: caracterización de alta exactitud de la responsividad espectral de radiómetros. Este servicio se puede ampliar espectralmente utilizando otras instalaciones basadas en monocromadores.*

##### *Laboratorio de BRDF absoluta*

IO-CSIC ha diseñado y construido un gonio-espectrofotómetro singular porque puede medir la función de distribución de reflectancia bidireccional (BRDF) absoluta de materiales en el plano de incidencia y fuera del mismo, en cualquier geometría de irradiación y observación, incluyendo retro-reflectancia (el único instrumento capaz de medirla en la actualidad). Esta instalación es la base para la realización de magnitudes espectrofotométricas y es muy útil para estudiar y desarrollar nuevos materiales basados en nano-partículas y efectos de superficie producidos por las interacciones láser-materia.

Otras características notables de esta instalación son que la distribución espacial de BRDF en la superficie de la muestra se puede estudiar en el rango visible y que el campo de visión, que es bastante uniforme, se puede adaptar al tamaño de la muestra dentro de un rango.

##### *Servicios ofrecidos:*

- Función de distribución de esparcimiento bidireccional de materiales, incluida su distribución espacial (visible e IR próximo).
- Algoritmos para representar y analizar datos de la BRDF.

### *Espectrofotómetro de alto rango dinámico en cabina limpia de flujo laminar*

Determinación de la transmitancia total y la reflectancia (incluyendo y excluyendo el componente especular) de muestras hasta 8 órdenes de magnitud, en un área limpia, con trazabilidad directa al sistema SI, desde UV hasta NIR. Particularmente útil para la caracterización de materiales de aplicaciones espaciales.

*Servicio ofrecido:* Determinación exacta de propiedades espectrofotométricas de materiales.

### *Laboratorio peine de frecuencia*

Calibración de longitud de onda de alta exactitud en las bandas de longitud de onda de telecomunicaciones ópticas (1260 nm - 1640 nm) con trazabilidad directa al sistema SI mediante el uso de un peine de frecuencia auto-referido. Caracterización de relojes ópticos.

Caracterización de propiedades no lineales de guías de onda y materiales utilizando un láser de femto-segundos a 1550 nm.

#### *Servicios ofrecidos:*

- Calibración de longitud de onda de alta exactitud y caracterización de relojes ópticos en el infrarrojo.
- Caracterización de propiedades no lineales de guías de onda y materiales utilizando un láser de femtosegundos a 1550 nm.

### *Laboratorio de caracterización de fibras ópticas especiales.*

Determinación de las propiedades ópticas lineales y no lineales de las fibras ópticas especiales (fibras ópticas micro-estructuradas, como las fibras de cristal fotónico y las “fibras de malla”, fibras activas, fibras de plástico, etc.) con el estado de la técnica de incertidumbre y con trazabilidad directa al sistema SI. Esto incluye dispersión cromática, dispersión del modo de polarización, atenuación espectral y propiedades no lineales como la absorción y ganancia Raman y Brillouin.

#### *Servicios ofrecidos:*

Caracterización lineal y no lineal de las propiedades ópticas de fibras ópticas especiales.

Además, y para las diferentes instalaciones, el IO-CSIC también ofrece asesoramiento sobre desarrollos tecnológicos que requieren mediciones con trazabilidad metrológica primaria, alta exactitud y desarrollo de patrones e instrumentos de medición adaptados a procesos o productos.

#### 4.4.- PNO-CNSA

##### *Laboratorio del Patrón Nacional de Ozono*

Esta instalación nos proporciona la referencia para todas las mediciones de ozono en aire ambiente, en un rango de 2 nmol/mol a 1000 nmol/mol, proporcionando trazabilidad a los patrones de transferencia, tanto a laboratorios de calibración acreditados por ENAC como a otros organismos que necesitan dar trazabilidad a sus mediciones.

Instrumentos singulares: 2 NIST fotómetros de referencia, que miden por fotometría UV las concentraciones de ozono generadas dinámicamente.

Servicios que ofrecemos:

- Caracterización de instrumentos de menor nivel metrológico mediante la determinación de factores de calibración o correcciones, repetibilidad, reproducibilidad, deriva, etc, proporcionándoles la trazabilidad establecida en la legislación en vigor.
- Organización de ejercicios de intercomparación de calibración para analizadores de ozono.

##### *Laboratorio de Intercomparación de gases*

Este laboratorio permite generar concentraciones de diferentes gases contaminantes por dilución dinámica con Materiales de Referencia Certificados (MRC), proporcionando trazabilidad a las medidas de ozono en condiciones controladas de humedad, temperatura y presencia de interferentes.

Instrumentos singulares: Sistema de generación de mezclas de gases (hasta 100 l/min), Sistema de purificación de aire cero (hasta 240 l/min), analizadores acordes a los métodos de referencia para la determinación de CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> y SO<sub>2</sub>, unidad humidificadora de la muestra y sistema de medición de la humedad relativa, temperatura y presión de la muestra.

Servicios que ofrecemos:

- Caracterización de instrumentación para la medida de contaminantes en aire ambiente mediante la determinación de factores de calibración o correcciones, repetibilidad, reproducibilidad, deriva, etc, así como estudios de interferentes para proyectos de I+D.
- Organización y desarrollo de ejercicios de intercomparación de gases "in situ".
- Validación de nuevos métodos de medida de contaminantes atmosféricos proporcionando confiabilidad a los resultados obtenidos.

##### *Laboratorio de Analizadores Automáticos*

Este laboratorio proporciona referencia a las medidas de todos los gases contaminantes en aire ambiente, tanto a la red de Vigilancia de calidad del aire en España como a la red europea transfronteriza para la medida de contaminantes

atmosféricos EMEP/VAG/CAMP (European Monitoring and Evaluation Program/ Global Atmospheric Surveillance/ North Atlantic Atmospheric Pollution Surveillance Program).

Instrumentos Singulares: analizadores con aprobación de tipo para la determinación de CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub>, basados en los métodos de referencia establecidos en el RD 102/2011. Analizadores para la determinación de BTX, NH<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>S. Bancos de dilución de gases con controladores másicos de caudal (hasta 6 l/min). Sistema de purificación de aire cero (hasta 240 l/min). Estándares necesarios para llevar a cabo los oportunos controles de calidad.

Servicios que ofrecemos: Validación de métodos de medida en aire ambiente y estudios de métodos equivalentes.

#### 4.5.- LMRI-CIEMAT

El Laboratorio Nacional de Patrones para RI, y en línea con instituciones metrológicas similares de otros países en nuestro entorno, el LMRI desarrolla las siguientes actividades de I + D:

- Establecimiento de nuevos patrones y técnicas de medida.
- Mantenimiento y trazabilidad.
- Difusión de Unidades.

*Establecimiento de nuevos patrones y técnicas de medición.*

El LMRI desarrolla y establece los Patrones Nacionales para la radiación ionizante a través de dos instalaciones radiactivas especializadas:

- *Laboratorios de metrología de radionúclidos (RN)*, donde se utilizan técnicas de medida apropiadas para caracterizar metrológicamente los procesos de desintegración y emisión de radiación, que permiten la definición de los patrones nacionales de la magnitud Actividad de radionúclidos para  $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$  y emisores. RN actualmente realiza estudios sobre técnicas de centelleo de líquidos con procesamiento de pulso digital, mejora del medidor absoluta TDCR, cálculo de eficiencia espectral en centelleo de líquidos y datación de materiales geológicos.
- *Laboratorios de Patrones Dosimétricos (PD)*, donde se utilizan técnicas de medición apropiadas para caracterizar los procesos de interacción de la radiación emitida con la materia en términos de la energía depositada, lo que permite la definición de los Patrones Nacionales de Exposición, Kerma y Dosis Absorbida, para  $\gamma$  y Fotones ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ), X (ISO 4037 10 a 300 kV) o  $\beta$  ( $^{147}\text{Pm}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  /  $^{90}\text{Y}$ ). En la actualidad PD, esta desarrollando estudios para extender las cualidades de los rayos X a los niveles de diagnóstico y terapia, nuevos patrones para cámaras planas (uso en terapia), automatización de calibraciones en aire y agua y desarrollo de patrones primarios.



- *Laboratorio de Patrones de medida de Neutrones (LPN)*. Las principales funciones de este laboratorio son las siguientes:
  - a) ) Calibrar los detectores de neutrones en las magnitudes de:
    - i. fluencia de neutrones,
    - ii. Dosis equivalente ambiental y personal y en los campos correspondientes a: Cf, Am / Be y Cf moderados por agua pesada.
  - b) Asignar la dosificación a dosímetros pasivos o activos como referencia para la calibración de equipos de dosimetría personal o ambiental.
  - c) Caracterizar la respuesta del equipo de medida en campos mixtos de neutrones-gamma y realizar estudios de fiabilidad de medidas de servicios de dosimetría de neutrones personales o ambientales en España.
  - d) d) Asignar la irradiación controlada de neutrones de materiales con interés dosimétrico o de otro tipo.
  - e) Realizar ensayos de aprobación de tipo con fuentes generadoras de neutrones y equipos de medida de neutrones.
  - f) f) Caracterizar los campos de neutrones en instalaciones de campo mixtos de neutrones -gamma utilizando espectrómetros de neutrones: lentes médicas, ciclotrones para la producción de radiofármacos, instalaciones industriales, etc.
  - g) Irradiación de materiales en campos de neutrones intensos.
  - h) Estudio de nuevos materiales para fines de blindaje.
  - i) i) Daño por radiación
- Las fuentes son  $^{185}\text{GBq}$  de  $^{241}\text{Am} / \text{Be}$ , lo que da como resultado una tasa de emisión de  $1,11 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$  y una fuente de  $5 \text{ GBq}$   $^{252}\text{Cf}$  que ofrece una tasa de emisión de  $3,63 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$  (para 04-12-2012). Estas fuentes permitirán la calibración del equipo de medición de neutrones en estos campos en la fluencia de neutrones y las magnitudes radiométricas dosimétricas de  $H^*$  (10) y  $H_p$  (10).
- Además, el LPN tiene dos fuentes de verificación de neutrones de  $^{241}\text{Am} / \text{Be}$  de 11,1 y 3,5 GBq, así como otra gamma de  $^{137}\text{Cs}$  también de 11,1 GBq.

*Servicios ofrecidos:*

*Diseminación de las Unidades*

Para satisfacer las necesidades de los usuarios finales, el LMRI lleva a cabo la difusión de los patrones y sus unidades mediante la prestación de servicios de:

- **Calibración de equipos:**
  - Monitores de protección radiológica o contaminación,  $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$  y rayos X (protección).
  - Cámaras de referencia ambiental, radioterapia, centrales nucleares.
  - Equipos de control de calidad de rayos X y alarmas de nivel de radiación.
- Muestras de referencia de radiación, sólidas o líquidas, con diferentes geometrías y soportes, para la aplicación como marcadores o calibración de detectores de semiconductores, contadores de centelleo de líquidos, monitores de radiación y monitores de contaminación, de varios radionúclidos emisores  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  o cócteles  $^{241}\text{Am} + ^{57}\text{Co} + ^{137}\text{Cs} + ^3\text{H} + ^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$  para ejercicios Interlaboratorios de Plantas Nucleares o la Red CSN de Laboratorios de Medición de Radiactividad Ambiental, o certificación de actividad  $^{14}\text{C}$  en alcoholes y vinagres para establecer el valor de la referencia oficial española del Laboratorio de Arbitraje Agroalimentario del Ministerio de Agricultura.
- Asignaciones de dosis  $\gamma$  ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ), X (grados ISO 4037 de 10 a 300 kV) o  $\beta$  ( $^{147}\text{Pm}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$ ) para dosímetros o materiales (dosímetros TLD, materiales biológicos, etc.).
- Ensayos de aprobación de tipo de acuerdo con el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, de instrumentos generadores de radiación ionizante (aparatos con tubos de rayos X, aceleradores lineales o fuentes  $\beta$  o  $\gamma$ , para la inspección de paquetes, detección de drogas o explosivos, control de llenado de contenedores, ionizadores de partículas). Calibración de activímetros en todo el territorio nacional (con más de 120 usuarios).
- Programas de trazabilidad de los laboratorios secundarios, para aquellos laboratorios que prefieren permanecer trazados directamente al LMRI en lugar de la mera acreditación de "a priori" la competencia técnica.

#### 4.6.- ROA

Descripción de las instalaciones existentes:

El 15 de septiembre de 2017 fue inaugurado el nuevo Laboratorio de Tiempo y Frecuencia del ROA (LHROA). Este nuevo edificio consta de dos plantas y un sótano, con una superficie aproximada de 860 metros cuadrados, de los cuales 200 metros cuadrados son de laboratorios.

La instalación ha sido diseñada para albergar nuevas tecnologías que permitan expandir la capacidad de investigación y el desarrollo en el campo de la metrología del tiempo y la frecuencia. Uno de los proyectos del Centro es llevar a cabo investigaciones científicas en el desarrollo de nuevos patrones de frecuencia

óptica. Por lo tanto, los espacios del laboratorio se han diseñado con flexibilidad y adaptabilidad a las nuevas exigencias tecnológicas y a las actividades de investigación.

Los laboratorios se han diseñado para proporcionar espacios, controles de ingeniería y condiciones ambientales adecuadas para el alojamiento, análisis e investigación de relojes atómicos, de acuerdo con las prácticas generales de laboratorio.

Actualmente, se dispone de dos salas especialmente diseñadas para relojes atómicos de unos 50 metros cuadrados. Ambas salas se han dispuesto dentro de una jaula de Faraday para evitar la perturbación de cualquier campo electromagnético externo que pueda influir en las mediciones precisas de ruido de fase (cerca de la frecuencia portadora) y en la estabilidad de frecuencia a corto plazo (en términos de la desviación de Allan).

Todos los laboratorios están equipados con suelo técnico que proporciona una superficie estructural elevada sobre un sustrato sólido que a su vez permite el paso subterráneo de servicios eléctricos, mecánicos, conexiones coaxiales y de fibra óptica.

El nuevo edificio de la Sección de Hora culmina en una azotea transitable, con dos zonas diferenciadas, una dedicada a albergar las antenas geodésicas GNSS, y otra enfocada a las antenas VSAT para la técnica de transferencia de tiempo TWSTFT o dos vías. Ambas zonas se encuentran en un espacio abierto y alejadas de posibles obstáculos que pudieran dificultar o reducir la recepción de señales. Aunque en un principio no se pensó para este tipo de sistemas, en el futuro se tiene previsto el alojamiento de antenas óptica para la transferencia de tiempo y frecuencia mediante enlaces ópticos.

Servicios ofrecidos:

#### *Caracterización de relojes y osciladores*

Instalaciones para la realización práctica, el mantenimiento y la difusión del patrón nacional de la unidad de tiempo del SI, el segundo y la Escala de Tiempo Nacional UTC (ROA).

Instrumentos: Analizador de ruido de fase y de Desviación de Allan (ADEV) 5120A con un fondo de ruido ultrabajo que proporciona mediciones precisas de ruido de fase de banda lateral única (SSB) y ADEV. El ROA opera dos tipos de relojes atómicos: máser de hidrógeno activo MHM-2010 (dos unidades) y reloj de cesio 5071 (cinco unidades ubicados en el ROA y uno ubicado en el Laboratorio Dimensional del CEM), que proporcionan la Escala de Tiempo Nacional UTC(ROA) y contribuye a la generación de la escala de referencia internacional de Tiempo Universal Coordinado (UTC).

Servicios ofrecidos:

Caracterización de la exactitud con incertidumbres de hasta  $1 \times 10^{-14}$  ( $\tau = 1$  día) y estabilidad con incertidumbre de hasta  $1 \times 10^{-13} \times \tau^{1/2}$  (para  $\tau \geq 1$  s). Modelado del envejecimiento y estudio de la naturaleza de la inestabilidad. Diagnóstico de las fuentes de ruido.

*Caracterización de los enlaces de tiempo basados en sistemas GNSS - Estudio de retrasos sistemáticos de los enlaces de tiempo GNSS*

Instalaciones para la realización práctica, mantenimiento y difusión de la Escala de Tiempo Nacional.

Instrumentos: el enlace tradicional y más ampliamente utilizado para la contribución del TAI (escala de Tiempo Atómico Internacional)/ UTC y, en general, para la sincronización precisa del tiempo, se basa en los sistemas GNSS. El ROA posee varios receptores geodésicos: un receptor GPS/ GLONASS PolaRx3eTR, un receptor multicanal GTR50, dos PolaRx4TR y uno PolaRx5TR con capacidad multi-constelación que incluye Galileo, GPS, GLONASS, Beidou e IRNSS y, finalmente, un receptor GTR51 con acceso a Galileo, Señales de navegación por satélite GPS y GLONASS. Actualmente, el PolaRx5TR constituye el receptor de la estación IGS denotada como ROAG. Todos estos receptores funcionan utilizando cualquiera de las técnicas habituales: *Precise Point Positioning* (PPP) que permite el cálculo de posiciones con mayor exactitud y una estimación precisa del comportamiento del reloj utilizado como referencia, o el P3 tradicional y todos a la vista (AV).

Servicios ofrecidos:

Acceso a los archivos CGGTTS y RINEX de los receptores geodésicos, para la trazabilidad a nivel del nanosegundo con respecto a la referencia de tiempo utilizada UTC(k), o para la sincronización precisa de tiempo entre organizaciones o instituciones que también generan sus propios datos.

*Caracterización de enlaces de tiempo basados en sistemas TWSTFT - Estudio de retrasos sistemáticos de enlaces de tiempo TWSTFT*

*Instalaciones para la realización práctica, mantenimiento y difusión de la Escala de Tiempo Nacional.*

Instrumentos: el enlace principal para la contribución del ROA a la escala TAI se basa en una estación VSAT para TWSTFT en banda Ku . Este enlace se calibra periódicamente, por lo que es uno de los enlaces de tiempo más precisos (con una incertidumbre asociada inferior a 1 ns) en la contribución de los relojes a la realización del TAI.

Servicios ofrecidos:

Acceso a los datos ITU TWSTFT, para la trazabilidad a nivel de nanosegundo con respecto a la referencia de tiempo utilizada UTC(k). La red europea para TWSTFT está formada por ocho laboratorios europeos y dos estadounidenses.

*Difusión precisa de tiempo y frecuencia mediante enlace de fibra óptica*

Instalaciones para la difusión de la escala de tiempo nacional.

Instrumentos: dos módulos autónomos WR-ZEN que proporcionan las características White Rabbit, aprovechando sus conexiones redundantes para un resultado fiable en aplicaciones de tiempo. Este sistema combina relojes de referencia ultra estable, con un sistema de baja fluctuación en fase y control de temperatura para mejorar la sincronización. Los módulos ROA WR-ZEN pueden proporcionar una sincronización muy precisa con una exactitud de sub-nanosegundos.

Servicios ofrecidos:

Difusión precisa de tiempo y frecuencia (T&F) basada en protocolos PTP (Precise Time Protocol) - White Rabbit. De esta forma se permite la distribución de señales T&F de alto rendimiento, con un alto nivel de requisitos con respecto a las características de estas señales.

*Sincronización y ajuste de los patrones de alto rendimiento: máser de hidrógeno, cesio y rubidio*

Instalaciones para la realización práctica, el mantenimiento y la difusión del patrón nacional de la unidad de tiempo del SI.

Instrumentos: máseres de hidrógeno activo, relojes de cesio, OCXO (Osciloquartz 8607-BGE), sistemas de transferencia de tiempo y frecuencia, y dos sistemas de adquisición de datos Keysight 34970A junto con dos contadores de intervalos de tiempo SR620, para medir el desfase temporal entre cada reloj y la realización física de UTC (ROA).

Servicios ofrecidos:

Desarrollo de software y hardware para la realización de un sistema de medidas de relojes. Sincronización de relojes en instalaciones del ROA por medio de medidas remotas , esta última mediante la técnica GNSS de vista común. Implementación práctica del modelo matemático para relojes atómicos.

*Sincronización a través de Internet utilizando el servicio de sincronismo NTP (Network Time Protocol)*

Instalaciones para la difusión del patrón nacional.

Instrumentos: diseño propio de servidores NTP.

## Servicios ofrecidos:

Sincronización de tiempo de red a UTC (ROA) basada en el protocolo NTP. El ROA tiene dos servidores de acceso libre y de nivel superior (estrato-1): hora.roa.es y minute.roa.es; que atiende más de 70 millones de solicitudes de sincronización todos los días, con una incertidumbre de hasta un milisegundo. Sistemas de certificación de tiempo mediante protocolo NTP en líneas P2P simétricas. Configuración de la clave de autenticación para una comunicación NTP segura.

### 4.7.- LCOE

Las principales instalaciones del Laboratorio de Alta Tensión son las siguientes:

- |  |                        |
|--|------------------------|
| – Ensayos de impulsos tipo rayos                   | 2000 kV                |
| – Impulso con impulsos de maniobra (húmedo / seco) | 1500 kV                |
| – Ensayo de impulso de corriente                   | 200 kA                 |
| – Ensayos de CA 50/60 Hz                           |                        |
| ○ Seco   | 900 kV                 |
| ○ Húmedo   | 800 kV                 |
| – Ensayos DC                                       |                        |
| ○ Seco   | 200 kV                 |
| ○ Húmedo   | 200 kV                 |
| – Medida de descarga parcial                       | 500 kV                 |
| – RIV  | 400 kV                 |
| – Capacitancia y TAN $\delta$                      | 200 kV                 |
| – Ensayos de contaminación                         | 240 kV                 |
| – Ensayos de cortocircuito 50/60 Hz                | 80 kA RMS(208 kA pico) |
| – Ensayos de potencia 50/60 Hz (2500 MVA)          | 36 kV, 20 kA           |
| – Ensayos ambientales                              | -40 °C / +60 °C.       |

#### Instalaciones de ensayo in-situ:

LCOE tiene diferentes sistemas móviles de generación y medida para realizar ensayos de instalaciones sin servicio, destacando entre ellos cuatro generadores resonantes instalados en laboratorios móviles para mediciones de DP, con tensiones nominales de 36 kV a 680 kV, y corrientes de salida de hasta 83 A, lo que nos permite ensayar cables aislados de hasta 400 kV de hasta 12 km de longitud, así como dispositivos de conmutación con aislamiento de gas (GIS).

LCOE también tiene dos sistemas móviles para realizar pruebas de sobretensión inducida con medidas PD en transformadores de potencia: el sistema de transformadores de potencia media de hasta transformadores de 120 MVA (incluido en un contenedor de 20 pies) y el sistema de transformadores de alta potencia de hasta 700 MVA (montado en un remolque de 13 m de largo).

LCOE utiliza tecnologías de vanguardia para realizar mediciones de DP en instalaciones en servicio. Dependiendo de las características particulares del circuito, el LCOE utiliza diferentes tipos de sensores de DP (HF, VHF y UHF),

diferentes tecnologías de filtrado (frecuencia de medición, selección de banda, filtro de wavelets, etc.) para diferenciar el ruido eléctrico de las señales de DP. Diferentes técnicas de localización de DP (reflectometría, GPS, etc.) y diferentes formas de identificar las fuentes de DP detectadas con el tipo de falla o causa que origina las señales de DP. LCOE ofrece servicios de monitorización periódica o continua del estado del aislamiento, mediante mediciones de DP en redes eléctricas, que permiten analizar la evolución temporal de los patrones de DP y evaluar su criticidad.

LCOE dispone también de herramientas y equipos de medida para realizar análisis y mediciones de sobretensiones transitorias. El soterramiento de cables de alta tensión y su conexión a subestaciones GIS han creado numerosos problemas de sobretensiones y fallos del aislamiento. LCOE realiza estudios específicos de transitorios en las redes eléctricas de alta tensión, especialmente en los cables de alta tensión aislados y su conexión a GIS y líneas aéreas de alta tensión. Los estudios se realizan utilizando el software ATP y otras herramientas propias, desarrolladas para determinar las sobretensiones en la pantalla de los cables de alta tensión que están conectados en diferentes configuraciones (enlace cruzado, punto único con o sin conductor de tierra).

La herramienta desarrollada permite modelar cualquiera de las formas de conexión entre las pantallas de los cables de alta tensión, incluso si están conectadas a líneas aéreas y GIS, para poder evaluar las condiciones más desfavorables que enfrentan diferentes tipos de fallos (falta en la subestación, falta lejana y efecto sifón). Esta herramienta ha sido utilizada por los diseñadores de nuevas líneas con cables aislados, así como para las ya existentes. Las situaciones, como la transición de una línea aérea a una línea soterrada para evitar cruzar una carretera, o salir de una subestación a través de un cable aislado, son casos prácticos comúnmente simulados para elegir la mejor solución. Los estudios de ATP y la medición en campo han permitido modelar y predecir las sobretensiones que pueden aparecer, a fin de controlar su efecto mediante una selección adecuada de los limitadores de tensión y la puesta a tierra de las pantallas de los cables.

LCOE tiene patrones móviles de alta tensión instalados en los vehículos, para brindar servicio de calibración a laboratorios de ensayos independientes o pertenecientes a fabricantes, así como para calibrar los transformadores de alta tensión y corriente instalados en las subestaciones eléctricas. El reconocimiento de LCOE por parte de las autoridades españolas como entidad verificadora de medidas eléctricas permite la emisión de Certificados de verificación inicial para estos transformadores de medida, cuando se van a utilizar en combinación con medidores de energía.

#### Resumen de las capacidades in-situ:

- Laboratorio móvil de alta tensión. Generadores móviles resonantes
  - o 260 kV / 83 A, 20 Hz - 300 Hz
  - o 680 kV / 3 A, 20 Hz - 300 Hz
  - o 36 kV / 17 A, 20 Hz - 300 Hz
- Ensayo de transformadores de potencia: hasta 50 kV / 1000 kVA, 50 Hz - 115 Hz
- Sistemas de medida y monitorización de descargas parciales.
- Mediciones de calidad de energía eléctrica.

LCOE puede ofrecer los siguientes servicios en el marco de metrología y medida enfocado a mediciones de alta tensión, ensayos de alto potencia y servicios de calibración según CIPM-MRA que se pueden consultar en la base de datos del BIPM, así como también calibración de patrones y sistemas de medida de alta tensión (HV) según ISO / IEC 17025 u otros servicios como proyectos de investigación y ensayos de investigación.

#### Servicios ofrecidos: Cursos especiales de formación en

- Reglamentos y normas de alta tensión.
- Curso de coordinación de aislamiento.
- Diseño de instalaciones y equipamiento.
- Redes eléctricas HVDC.
- Procedimientos de metrología o calibración y ensayo en alta tensión.

#### Servicios ofrecidos:

Medidas y ensayos en una amplia gama de equipos de alta tensión, de acuerdo con las normas IEC, ANSI o CENELEC:

- Técnicas de ensayo en alta tensión. IEC 60060 / IEC 60270 / IEEE 4.
- Transformadores de medida. IEC 61869 / IEEE C57.13.
- Transformadores de potencia IEC 60076 / IEEE C57.12.
- Cables y accesorios de cables. HV / MV. IEC 60840 / IEC 62067 / IEC 60502.
- Aisladores HV / MV. IEC 60383 / IEC 61109 / IEC 60137.
- Aparata de mando y protección. HV / MV. IEC 62271.
- Pararrayos y otros dispositivos de protección. IEC 60099 / IEC 61643 / UNE 21186.
- Industria aeronáutica. EUROCAE ED-105 / RTCA DO-160.
- Materiales o equipos para trabajos en tensión y otros materiales aislantes



## Servicios ofrecidos: I + D. Investigación Desarrollo e innovación.

### Estudios de líneas eléctricas subterráneas de alta tensión:

- Estudios de sobretensiones en pantallas de cable. Sobretensiones temporales y transitorias.
- Análisis de corrientes de cortocircuito.
- Software ATP y análisis de software del LCOE.
- Selección de limitadores de tensión de pantalla.
- Análisis de la coordinación de aislamiento.

### Estudios y mediciones en Subestaciones Aisladas por Gas (GIS):

- Pruebas y medidas in situ.
- Estudios o medidas de sobretensiones de transitorios muy rápidos.
- Análisis de la coordinación de aislamiento.
- Modelado de software ATP.

## Servicios ofrecidos: Metrología y calibración en una amplia gama de instrumentos y equipos de alta tensión, incluidas las calibraciones in situ:

- Divisores DC hasta 1.0 MV y divisores AC hasta 3,5 MV
- Divisores de impulsos tipo rayo hasta 3,0 MV
- Divisores de impulsos tipo maniobra de hasta 2,5 MV
- Transformadores de tensión hasta 500 kV.
- Transformadores de corriente hasta 12,6 kA.
- Instrumentos y calibradores de descargas parciales desde 0,1 pC hasta 2000 pC
- Mediciones de potencia de baja tensión (pérdidas del transformador).
- Calibraciones de capacidad y de puente de medida de  $\tan \delta$ .
- Patrones pasivos, resistencias, condensadores e inductancias.
- Patrones DMM de alta resolución y calibradores patrones. Transferencias AC-DC.
- Transformadores de corriente o tensión y comparadores.
- Puentes de medida de la relación de transformación.
- Puentes de medición de factor de capacidad y disipación.
- Puentes RLC y puentes de medida de resistencia.
- Analizadores FRA y SFRA.
- Analizadores de potencia y energía o medidores de flicker y armónicos.
- DMM, pinzas, comprobadores de seguridad eléctrica, óhmetros, medidores de resistencia del tierra (telurómetros),
- Comprobadores de baja tensión, medidores de corriente residual.
- Tacómetros y medidores de frecuencia.
- Equipos ópticos tales como luxómetros y luminancímetros.

## 5.- Como acceder a los servicios

La red de metrología CEM & LL.AA. está abierta a todos los actores (universidades, instituciones de investigación e industria, nacionales y extranjeras) promoviendo la internacionalización de la metrología y fomentando la búsqueda de soluciones para abordar los principales desafíos globales en un enfoque multidisciplinario. Además, la red ofrece la formación de personal científico y técnico, así como el apoyo a grupos de investigación y empresas para su participación en proyectos nacionales e internacionales de I + D + i.

La Red ofrece acceso y uso de las infraestructuras de sus siete Laboratorios pertenecientes a investigadores del sector público y privado, tanto nacionales como internacionales. El acceso a las instalaciones debe solicitarse a través de los diferentes Laboratorios y podrá accederse a ellas según sus tarifas oficiales o especiales.

Se accede a los servicios ofrecidos por los siete Laboratorios de la Red mediante la cumplimentación de una solicitud electrónica. La solicitud puede hacerse de forma genérica o para un laboratorio específico.

La Red tiene su acceso abierto permanentemente.

El acceso a las infraestructuras puede hacerse de forma combinada o separada en dos modalidades:

- Modalidad 1  
Procesos realizados por técnicos de uno de los siete nodos de la red (Encomienda)  
  
En esta modalidad, el trabajo propuesto por el investigador solicitante será llevado a cabo por técnicos especializados en los diferentes campos ofrecidos. Esta es la forma más eficiente de trabajar, ya que para cada equipo hay un técnico con varios años de experiencia en su utilización. Los técnicos en todo momento informarán y asesorarán al solicitante sobre la evolución de los procesos. Esta modalidad es la forma de acceder también a los procesos cuando la complejidad del uso de un equipo no permite que pueda ser utilizado por el propio solicitante.
- Modalidad 2  
Procesos realizados por los propios investigadores solicitantes (autoservicio).  
  
Algunos de los procesos y equipos disponibles en las infraestructuras de red pueden ser utilizados por investigadores externos a los nodos de la red, siempre que demuestren el conocimiento suficiente para hacerlo. En caso de que esto no sea así, el investigador externo puede solicitar una formación que le permita superar con éxito un proceso de precualificación necesario para acceder directamente al uso del equipo solicitado para llevar a cabo su proyecto. Esta modalidad hace la función de etapa formativa para el investigador y luego de la etapa práctica en el uso de un equipo o tecnología.

En el caso de que la acción solicitada requiera la participación de más de un nodo, se acordarán entre ellos y la respuesta al solicitante se realizará de forma coordinada, dependiendo del peso de la participación de cada nodo en la solicitud. En la modalidad 1, todo el trabajo será realizado por los técnicos de los nodos.

Para contactar:

**CEM**

Email: [comercial@cem.es](mailto:comercial@cem.es),

Web: [www.cem.es](http://www.cem.es)

**INTA**

Email: [metrologia.calibracion@inta.es](mailto:metrologia.calibracion@inta.es)

Web: [www.inta.es](http://www.inta.es)

**IO-CSIC**

E-mail: [l.calibracion@csic.es](mailto:l.calibracion@csic.es)

**ISCIII**

Email: [atmosfera.cnsa@isciii.es](mailto:atmosfera.cnsa@isciii.es)

Web: [www.isciii.es](http://www.isciii.es)

**LMRI-CIEMAT**

Email: [lmri@ciemat.es](mailto:lmri@ciemat.es),

Web: <http://rdgroups.ciemat.es/web/lmri>

**ROA**

Email: [hora@roa.es](mailto:hora@roa.es)

Web: [www.roa.es](http://www.roa.es)

**LCOE**

Email: [gerencia@ffii.es](mailto:gerencia@ffii.es); [seccion6@ffii.es](mailto:seccion6@ffii.es)

Web: [www.f2i2.net](http://www.f2i2.net)