



El nuevo Laboratorio de Hora del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando



El nuevo Laboratorio de Hora del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando

Resumen

La entrada en servicio del nuevo Laboratorio de Hora del Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) supondrá un hito en la metrología española del tiempo y la frecuencia. Estas instalaciones proporcionarán las condiciones y el entorno de trabajo necesarios para el correcto desempeño de una de las mayores responsabilidades que tiene encomendada la Armada en el ámbito civil: la realización y difusión de la escala UTC(ROA), referencia de la hora oficial en España, y el mantenimiento del patrón nacional de la Unidad Básica de Tiempo, el segundo.

En la financiación del nuevo edificio ha participado el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, que ha gestionado la subvención con cargo al FEDER, y la Junta de Andalucía y la Armada, que han aportado el resto del importe del proyecto. El proyecto ha sido ejecutado por el Instituto de Vivienda, Infraestructura y Equipamiento de la Defensa (INVIED).

La colaboración del Ayuntamiento de San Fernando ha sido muy importante para lograr la integración de las nuevas instalaciones en el recinto del Observatorio, integración que se ha conseguido gracias a la cesión de un vial, realizada por el Ayuntamiento bajo la figura de una mutación demanial externa.

1. El Real Instituto y Observatorio de la Armada y la medida del tiempo

Hasta la segunda mitad del siglo XX, la medida del tiempo se basaba en el movimiento aparente de los astros o, lo que es equivalente, en la rotación de la Tierra; esta labor la han desempeñado tradicionalmente los observatorios astronómicos, incluido el Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA), que ha trabajado en este campo prácticamente desde su creación en 1753.

El “tiempo astronómico” no es una escala constante, debido a la irregularidad de la rotación de la Tierra, por lo que la medida del tiempo se realiza hoy en día mediante relojes basados en procesos físicos, independientes de la rotación terrestre; en concreto, el segundo se define actualmente en base a una transición energética del átomo de Cesio 133.

El ROA fue capaz de realizar el cambio del tiempo astronómico al tiempo físico y en 1974 se inició la generación de la escala de Tiempo Universal Coordinado del Real Instituto y Observatorio de la Armada –UTC(ROA)–. Esta escala es, desde 1976, la base de la hora legal española (RD 2781/1976, de 30 de octubre). En 1992 el laboratorio del ROA fue designado laboratorio depositario del patrón nacional de la Unidad Básica de Tiempo (RD 1308/1992, de 23 de octubre), siendo el único patrón de una unidad básica del Sistema Internacional que no se mantiene en Madrid. Por último, la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología ratifica que la escala UTC(ROA) es la referencia por la que se rige la hora oficial española.

Las responsabilidades asignadas suponen el mantenimiento del segundo como unidad de tiempo y de la escala UTC(ROA). Así mismo, se participa en la realización de la escala UTC, referencia horaria mundial que genera el Departamento de Tiempo de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, en base a las aportaciones de laboratorios de distintos países.

Además, el ROA es “laboratorio primario de calibración” en el campo del tiempo y la frecuencia, servicio que se ofrece a los distintos sectores de la sociedad española relacionados con la metrología del tiempo.

También es destacable la labor de diseminación de la escala UTC(ROA) mediante la prestación del servicio de sincronismo; este servicio se realiza, por un lado en abierto, para la generalidad de usuarios, y por otro dando trazabilidad a clientes que necesitan certificación horaria.

La escala UTC(ROA) se genera actualmente con cinco Patrones Atómicos de Cesio y dos Máseres de Hidrógeno Activo. Este conjunto de relojes, junto con los algoritmos y equipos que conforman el sistema de automedidas, permiten alcanzar incertidumbres internas de unos 25 picosegundos (25×10^{-12} s), 1σ . La trazabilidad a UTC se logra con incertidumbres inferiores a 1,5 nanosegundos ($1,5 \times 10^{-9}$ s), 1σ .

La actividad metrológica del ROA en el campo del tiempo y la frecuencia conlleva la participación en programas y proyectos de especial relevancia, entre los que destaca el sistema europeo de navegación por satélite Galileo. El ROA ha participado como proveedor de tiempo y frecuencia en las fases previas del proyecto (IOV), lo hace en la fase actual (FOC) y lo seguirá haciendo durante la fase operativa del sistema (GSOp), que comenzará en el segundo semestre de 2018.

2. Necesidad de las nuevas instalaciones

El edificio que ha alojado hasta la fecha a la Sección de Hora fue construido a mediados del siglo XIX y reacondicionado en 1990, para albergar los equipos, instrumentos, personal y demás medios de la Sección. Si bien estas instalaciones supusieron una mejora notable respecto a las anteriores, actualmente no son en absoluto adecuadas. Con las pequeñas incertidumbres que se están alcanzando hoy en día, los patrones se muestran muy sensibles a las perturbaciones provocadas por las variaciones de las condiciones ambientales, las fuentes de radiación electromagnética cercanas, las vibraciones mecánicas del entorno, etc.

Esta instalación se proyectó para corregir estas debilidades y poder hacer frente a las exigencias, cada vez mayores, que demandan la industria, la investigación y las nuevas aplicaciones telemáticas.



La batería de patrones de Cesio, en su anterior ubicación.

También era necesario contar con unas instalaciones adecuadas para que el ROA pudiera sumarse al desarrollo de relojes ópticos. Este tipo de relojes están experimentándose en unos pocos laboratorios de todo el mundo y reducirán tres órdenes de magnitud las incertidumbres actuales. Es una tecnología que supondrá un salto cualitativo en la medida del tiempo y la frecuencia, y que el ROA debe incorporar, para mantenerse entre los mejores laboratorios del mundo en relación con la realización de la escala UTC.

3. Ejecución y financiación

La decisión de llevar a cabo la redacción del proyecto se toma en el año 2004, a instancias de la Dirección General de Infraestructuras del Ministerio de Defensa. Tras varias vicisitudes y dos reformas del proyecto inicial, la obra se acomete entre los años 2014 y 2017.

El proyecto se ha ejecutado en el marco del *“Convenio de Colaboración entre el Ministerio de Economía y Competitividad, la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía y el Ministerio de Defensa, en la selección y ejecución del proyecto «Construcción del edificio para la sección de hora del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando», cofinanciado por el FEDER”*, firmado el 29 de abril de 2014.

El presupuesto total del proyecto se cifró en 2.999.132,27 €, de los que 2.225.509,73 € serían cofinanciados por el FEDER, con fondos asignados al Ministerio de Economía y Competitividad, la Junta de Andalucía aportaría 450.000 € y los restantes 323.622,54 € los financiaría la Armada.

El Instituto de Vivienda, Infraestructura y Equipamiento de la Defensa (INVIED) ha sido el responsable de la ejecución del proyecto y, para permitir la contratación de la obra, aportó inicialmente el importe de las ayudas del FEDER y de la Junta de Andalucía.

4. Descripción:

El nuevo laboratorio está ubicado en la parte norte de la finca San José, perteneciente al Ministerio de Defensa, en una parcela que, hasta el pasado mes de julio, se encontraba separada del recinto principal del Observatorio por una calle peatonal. A finales de 2016 se firmó un Protocolo de Intenciones de Colaboración entre el Ministerio de Defensa y el Ayuntamiento de San Fernando, que ha permitido la integración de ambos recintos, gracias a la cesión por parte del Ayuntamiento, bajo la figura de una mutación demanial externa, del tramo de la calle que separaba ambos recintos.

El edificio que alberga el nuevo Laboratorio de Hora está diseñado en forma de L, con el lado mayor orientado en sentido Este-Oeste. Consta de 4 niveles con características y usos bien diferenciados:

- Sótano. En él se ubica la sala de relojes atómicos y la de patrones de referencia, el laboratorio de servidores de tiempo y la sala de sistemas de alimentación ininterrumpida. Esta zona requiere un nivel de control de condiciones ambientales más restrictivo que el resto del edificio, para reducir al máximo el impacto de la variación de dichas condiciones ambientales sobre la estabilidad y exactitud de la escala de tiempo UTC(ROA). Tanto la sala de relojes atómicos como la de patrones de referencia están protegidas de las perturbaciones electromagnéticas externas mediante una jaula de Faraday, que proporciona el aislamiento necesario. Cada reloj descansa sobre una bancada antivibratoria, diseñada para el peso del reloj, que absorberá las posibles vibraciones mecánicas del entorno.



Sala de relojes atómicos del nuevo Laboratorio de Hora

- Planta baja. Aquí se encuentran los laboratorios de calibración, de control, de medidas y de electrónica, todos ellos con unas condiciones ambientales de temperatura y humedad muy estrictas. También se localizan en esta

planta los accesos desde el exterior, los locales de recogida y entrega de equipos, un núcleo de aseos y locales eléctrico y de telecomunicación.

- Planta primera. En ella se encuentra la sala que contiene el equipamiento de intercomparación de escalas de tiempo, siendo el único local de esta planta dotado de suelo técnico. La mayor parte de la planta se destina a ubicar los despachos, sala de control y sala de descanso, así como otras dependencias de carácter menor. Desde esta planta se controlarán las transmisiones vía satélite para transferencia de tiempo con los demás laboratorios de tiempo y con los centros de control del tiempo Galileo.
- Cubierta. Se destina a la ubicación de instalaciones externas de estaciones terrenas VSAT y antenas de recepción de señal, así como de protección contra rayos.

Junto al edificio principal, pero separada físicamente de él para evitar vibraciones, se encuentra una edificación auxiliar en planta baja, que aloja el grupo de emergencia y el sistema de climatización para el mantenimiento de las condiciones ambientales.

La superficie total construida es de unos 860 m².



El nuevo edificio visto desde su parte SE

5. Objetivos generales a alcanzar, derivados de la puesta en servicio del nuevo Laboratorio de Hora

- Mejora de la estabilidad de la escala de tiempo UTC(ROA), mediante el aislamiento de sus generadores de las variaciones de las variables ambientales y de las perturbaciones provocadas por la propagación de oscilaciones terrenas y electromagnéticas.
- Incorporación de la escala UTC(ROA) como proveedora de tiempo de la escala de tiempo del sistema de navegación satelital europeo Galileo, con el beneficio público inherente a su trazabilidad a través de dicho sistema.

- Incremento de la capacidad de recepción de investigadores visitantes, así como en estancias pre y post grado para el desarrollo de actividades e incremento del conocimiento en el área de tiempo y frecuencia.
- Apertura de la capacidad de aglutinamiento de grupos de investigadores de las universidades españolas, para la apertura de líneas de investigación en el área de generadores, osciladores y resonadores de frecuencia de alta precisión y estabilidad.
- Contribución a posibles desarrollos de patrones de referencia del área de tiempo y frecuencia en cooperación con las entidades europeas con las que el ROA mantiene un alto grado de cooperación.
- Mejora de capacidades de medida y calibración en rangos de medida extremos.
- Potenciación del servicio de calibración a distancia que se ofrece a otros laboratorios así como a la industria nacional, a partir de una plataforma específica para llevarlo a cabo.
- Contribución al desarrollo de nuevas técnicas de transferencia de tiempo, alternativas a las ya existentes: TWSTFT de fase de señal, doble codificación en TWSTFT, T2L2, etc.
- Incorporación de la tecnología de fibra óptica en la metrología de Tiempo y Frecuencia, poniendo a disposición de universidades, centros tecnológicos y otros organismos que lo precisen, referencias de frecuencia exactas y de alta estabilidad.
- Capacitar la incorporación de España a proyectos de desarrollo europeos (Programa europeo de metrología para la innovación y la investigación - EMPIR) en el seno de la organización EURAMET, de la que el ROA es miembro.
- Aumento de la capacidad de calibración y trazabilidad de las entidades de investigación y la industria, así como de la propia Administración Pública, para prestar un mejor servicio a los ciudadanos conforme establecen las distintas normativas al respecto en vigor.
- Propiciar el intercambio de investigadores post-grado en los centros europeos relevantes en el desarrollo de patrones primarios de tiempo y frecuencia que mantienen relaciones regulares con el ROA: LPTF-SYRTE, PTB, INRIM, NPL y NIST.
- Posibilitar el establecimiento de un núcleo español de desarrollo de patrones primarios tras el retorno de los investigadores de post-grado formados en el exterior.
- Fomentar las reuniones internacionales y la creación de grupos de trabajo con base en este centro, que aglutinen a personal investigador de las universidades andaluzas y del resto del Reino de España.