

REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA EN SAN FERNANDO



**Investigaciones Científicas desarrolladas por el
Real Instituto y Observatorio de la Armada
Año 2018**



MINISTERIO DE DEFENSA

REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA EN SAN FERNANDO



**INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DESARROLLADAS EN EL
REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA
DURANTE EL AÑO 2018**



MINISTERIO DE DEFENSA

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES

<https://cpage.mpr.gob.es/>

Edita:



<https://publicaciones.defensa.gob.es/>

© Autor y editor, 2019

NIPO: 083-15-240-9

ISSN: 2530-3708

Fecha edición: diciembre 2019

Maqueta e imprime: Ministerio de Defensa

Las opiniones emitidas en esta publicación son de la exclusiva responsabilidad del autor de la misma.

Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de la Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del © *Copyright*.

En esta edición se ha utilizado papel 100% reciclado libre de cloro procedente de bosques gestionados de forma sostenible.

Foto portada:

Fachada del Edificio Principal del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando (siglo XVIII).

ÍNDICE

Prólogo	I
1. Sección de Efemérides	3
1.1. Servicio de Efemérides	3
1.2. Centro de Cálculo	4
1.3. Otras actividades	4
1.3.1 Seminario de “Navegación Astronómica” en la VIII Semana Naval de la Armada en Madrid.....	4
1.3.2. XXXIII Curso de Geodesia del Ejército de Tierra	5
1.3.3. Café con Ciencia.....	5
2. Sección de Astronomía	7
2.1. Telescopio Fabra-ROA en el Montsec.....	7
2.1.1. Antecedentes	7
2.1.2. Actividades y mantenimientos realizados durante el año	8
2.1.3. Actividades y resultados en el campo del SST	10
2.2. Reuniones y estancias de trabajo	13
2.3. Novedades de personal	13
2.4. Publicaciones y Comunicaciones	13
2.5. Otras actividades	14
3. Sección de Geofísica	17
3.1. Sismología	17
3.1.1. Redes sísmicas	18
3.1.2. Sismicidad	20
3.1.3. Otras actividades del servicio de sismología	21
3.2. Geomagnetismo	22
3.2.1. Estación Geomagnética “Cortijo Garrapilos”	22
3.2.2. Otras actuaciones del Servicio de Geomagnetismo	24
3.3. Satélites Artificiales	24
3.3.1. Estación de Telemetría Láser sobre Satélites Artificiales	24
3.3.2. Sistema Global de Navegación por Satélite: GNSS.....	27
3.4. Meteorología.....	31

3.5. Proyectos de Investigación y Acciones Especiales	34
3.6. Campañas	35
3.6.1. Campaña antártica DRAKE-2018	35
3.6.2. Campaña ZEEE-2018.....	36
3.7. Publicaciones y Comunicaciones	37
3.7.1. Publicaciones.....	37
3.7.2. Comunicaciones en congresos.....	39
3.8. Estancias de trabajo	40
3.9. Otros temas de interés.....	40
3.9.1. Conferencias y Cursos.....	40
3.9.2. Personal.....	40
3.9.3. Entrevistas	41
3.9.4. Comisiones y Reuniones	41
4. Sección de Hora	43
4.1. Servicio de Hora	43
4.1.1. Tiempo Universal Coordinado del Real Instituto y Observatorio de la Armada - UTC(ROA).....	43
4.1.2. Establecimiento de enlaces de tiempo.....	51
4.2. Servicio de Electrónica y Calibración.....	58
4.3. Servicio de Cronometría Naval	61
4.4. Proyectos de Investigación, Acciones Especiales y Complementarias..	62
4.5. Reuniones.....	63
4.6. Publicaciones y comunicaciones en congresos.....	64
4.7. Estancias de trabajo	65
4.8. Otros hechos de interés.....	66
5. Servicio de Biblioteca y Archivo	69
5.1. Fondos.....	69
5.1.1. Fondos bibliográficos (monografías y publicaciones periódicas) .	69
5.1.2. Archivo Histórico	71
5.1.3. Colección Museográfica.....	72
5.1.4. Patrimonio cultural del ROA en la Biblioteca Virtual de Defensa .	74
5.2. Consultas y préstamos	75

5.2.1. Instalaciones y servicios	75
5.2.2. Usuarios externos	76
5.3. Otras actividades	77
5.3.1. Actividades docentes y de investigación.....	77
5.3.2. Exposiciones.....	77
5.3.3. Comunicaciones y conferencias	81
5.3.4. Publicaciones.....	82
5.4. Personal.....	83
5.4.1. Personal.....	83
5.4.2. Comisiones de servicio	83
6. Escuela de Estudios Superiores de la Armada	85
6.1. Cursos ES y AG impartidos	85
6.2. Otras actividades	87
A. Actividad Científica	89
A.1. Publicaciones	89
A.1.1. Publicaciones editadas por el Observatorio	89
A.1.2. Artículos en revistas	89
A.2. Comunicaciones en congresos	90
A.2.1. Nacionales.....	90
A.2.2. Internacionales	91
A.3. Participación en comités, congresos y reuniones.....	92
A.3.1. Nacionales.....	92
A.3.2. Internacionales	95
A.4. Campañas, Calibraciones y Mantenimientos	96
A.5. Cursos y Estancias de Trabajo.....	97
A.6. Proyectos de Investigación.....	98
A.6.1. Proyectos, Acciones Especiales y Complementarias	98
A.6.2. Beca Fundación Alvargonzález	99
B. Otras actividades	101
B.1. Hechos notables.....	101
B.2. Visitas.....	110
B.2.1. Autoridades Civiles y Militares.....	110

Índice

B.2.2. Unidades, Centros y Organismos relacionados con la Defensa	110
B.2.3. Otras entidades	111
B.3. Conferencias	113
B.4. Instituciones y Organismos colaboradores	116
B.4.1. Nacionales.....	116
B.4.2. Extranjeras	116
B.5. Reportajes de Medios de Comunicación	117

Prólogo

La actividad del Real Instituto y Observatorio de la Armada y de la Escuela de Estudios Superiores durante el año 2018 ha sido intensa y de ello se da cumplida cuenta en el presente volumen.

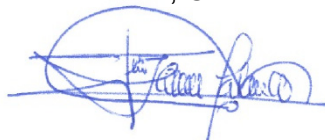
Esta labor científico-técnica, que se viene desarrollando de forma ininterrumpida desde la fundación del Observatorio en 1753, ha sido realizada gracias al buen hacer del personal de sus secciones científicas: Astronomía, Efemérides, Geofísica y Hora. A ello hay que añadir la labor de conservación y recuperación del patrimonio histórico del Centro, constituido por la Biblioteca, el Archivo y la Colección Museográfica, así como la labor docente realizada en la Escuela de Estudios Superiores de la Armada.

En las páginas que siguen se describe con suficiente detalle lo más notable de las actividades desarrolladas durante 2018, de entre cabe destacar que el 14 de junio se completa el traslado definitivo, en un tiempo record (mejorando ostensiblemente las previsiones iniciales), de todos los servicios asociados al mantenimiento y difusión del Patrón Nacional de la unidad básica de tiempo y de la escala UTC(ROA), base de la hora oficial española de la escala UTC(ROA), a las nuevas instalaciones del Laboratorio de Hora, sin que ello haya supuesto merma alguna en calidad y precisión.

Por su relevancia, cabe destacar asimismo los siguientes hitos, expuestos de forma cronológica:

- El relevo en la dirección del Real Instituto y Observatorio de la Armada, pasando del CN. D. Teodoro López Moratalla al CN. D. Francisco Javier Galindo Mendoza, el 16 de febrero.
- El acto de honras fúnebres, en la B.N. de Rota, el 7 de marzo, por el fallecimiento en acto de servicio, a bordo del B.I.O. "Hespérides", del CF. D. Francisco Javier Montojo Salazar. Duro golpe para el Observatorio, ya que pese a haber cesado en febrero de 2017, estaba ligado a él debido a sus más de diecisiete años de trabajo, principalmente en la Sección de Astronomía. Sirvan estas líneas en memoria a su contribución al engrandecimiento de este Observatorio y de la Armada. Descanse en paz.
- La puesta en operatividad del segundo banco láser de pico-segundos y las mejoras de los sistemas de control y vigilancia aérea, a cargo de la Sección de Geofísica, a lo largo del primer semestre del año.
- El comienzo de la 2ª fase de rehabilitación de Torre Alta, en octubre de 2018.

El Capitán de Navío, Comandante-Director



- Francisco Javier Galindo Mendoza -

1. Sección de Efemérides

Durante el año 2018, el trabajo de la Sección se ha desarrollado en la línea acostumbrada, difundiendo las efemérides astronómicas necesarias para la navegación, la astronomía y la geodesia.

La situación del personal es crítica, dado que las labores del cálculo de efemérides descansan sobre un único oficial, dedicado casi en exclusividad a la confección y edición de las diferentes publicaciones de la Sección.

En lo que respecta al Centro de Cálculo, actualmente cuenta con dos miembros: un Ingeniero Técnico de Arsenales y un Técnico Operativo.

1.1. Servicio de Efemérides

Este Servicio es el responsable del cálculo y difusión de las efemérides astronómicas necesarias en navegación, astronomía y geodesia, entendiendo además de los problemas relacionados con la Mecánica Celeste de objetos del Sistema Solar, como el cálculo de órbitas, tránsitos de planetas, ocultaciones de estrellas por la Luna, cálculo de eclipses, etc.

En 2018, la difusión de las efemérides astronómicas se ha realizado a través de las siguientes publicaciones periódicas:

- Almanaque Náutico 2019
Publicación anual que contiene las efemérides del Sol, la Luna, los planetas observables y las estrellas más brillantes, necesarias para resolver los problemas de navegación astronómica. Incorpora además un suplemento para la navegación aérea. Es la publicación más importante del Observatorio y se utiliza en la práctica totalidad de las escuelas y universidades que imparten estudios de náutica. De acuerdo con el Convenio Internacional de 1974 y de su Protocolo de 1978 para “seguridad de la vida humana en el mar” (convenio SOLAS), los buques a partir de un cierto porte que realicen navegación de altura, deben contar con una publicación de estas características; y así lo exigen las autoridades portuarias en las correspondientes inspecciones de buques.
- Efemérides Astronómicas 2019
Publicación anual dirigida fundamentalmente a los astrónomos y a los geodestas. En ella se facilitan efemérides precisas de los objetos celestes y de los principales fenómenos astronómicos del año, así como los datos necesarios para realizar los cálculos que intervienen en la preparación y reducción de las observaciones astronómicas. Su uso está muy extendido entre otros observatorios, agrupaciones astronómicas y, muy especialmente, entre las universidades y centros españoles con estudios de astronomía y geodesia, en los que es una herramienta fundamental para el aprendizaje de estas disciplinas.

Las efemérides del Sol, la Luna, los planetas y Plutón se han calculado a partir de las efemérides fundamentales DE405/LE405, preparadas en el Jet Propulsion Laboratory, California. Estas efemérides fundamentales son coherentes con el Sistema de Constantes Astronómicas UAI, usan escalas de tiempo dinámicas y están alineadas con la materialización ICRF del Sistema de Referencia Celeste Internacional (ICRS).

Las efemérides de Ceres y de los pequeños planetas Palas, Juno, Vesta, Hebe, Iris, Flora, Metis, Higía, Eunomia, Psiquis, Europa, Cibeles, Davida e Interamnia, se han generado utilizando las USNO/AE98.

Durante 2018 se realizó una nueva ampliación del software ANDi (Almanaque Náutico Digital), introduciendo nuevas prestaciones de Navegación Astronómica, además de mejorarse su rendimiento.

Además de lo anterior, se han llevado a cabo numerosas colaboraciones con entidades oficiales y particulares, facilitando información, datos y cálculos sobre diversos fenómenos astronómicos.

1.2. Centro de Cálculo

A pesar del escaso personal ya indicado, el Centro de Cálculo ha desarrollado su habitual labor de mantenimiento de los servicios de red y microinformática del Centro, auxiliando en este área a todas las secciones del Observatorio.

Se presentó en el Centro el recién nombrado Ingeniero Técnico de Arsenales Pablo Bonillo Cambrodón, el cual tenía prevista su incorporación en el Centro de Cálculo, aunque finalmente solicitó una excedencia en esta plaza.

Se ha continuado con el mantenimiento de la página web del Centro, en coordinación con el webmaster de la página web de la Armada. En la red WAN-PG, personal de CECISDIZ procedió a la sustitución del servidor de ficheros por otro de mejores prestaciones. Igualmente retiraron del Centro el servidor controlador de dominio, siguiendo indicaciones del CCEA según las cuales los centros con pocas estaciones en esta red, como es el caso del Observatorio, no necesitan disponer de controlador de dominio propio, centralizándose esta tarea en un servidor genérico de la Armada.

Se reasignaron algunas licencias de las diferentes aplicaciones de la WAN-PG entre los usuarios que las requerían (Microsoft Office, Adobe Acrobat, etc.) y otras de Microsoft Office 2013 versión Pro Plus en los ordenadores del profesorado de la Escuela de Estudios Superiores. A finales de año se reemplaza la pizarra digital instalada en el aula “Vicente Tofiño” de la Escuela de Estudios Superiores, debido a una avería en la pizarra antigua, sin posibilidad de reparación.

1.3. Otras actividades

1.3.1 Seminario de “Navegación Astronómica” en la VIII Semana Naval de la Armada en Madrid

Del 24 al 28 de septiembre, dentro de las actividades de la VIII Semana Naval de la Armada en Madrid, se celebró en la Escuela de Guerra Naval el seminario de “Navegación Astronómica”, organizado por el Real Instituto y Observatorio de la Armada. Este seminario estuvo dirigido a todos aquellos interesados en la navegación, astronomía y la historia de la ciencia, y ha despertado un gran interés.

El seminario fue inaugurado por el CA Excmo. Sr. D. Fernando Poole Quintana, Almirante Jefe de Servicios Generales y Asistencia Técnica, quien dirigió unas palabras de bienvenida a los participantes, en las que resumió los objetivos y el

contenido del seminario, destacando la gran acogida que tiene todos los años, presentando posteriormente a los ponentes.

Las solicitudes superaron con mucho el aforo disponible, a pesar de ser el octavo año que se celebra en Madrid. El seminario se desarrolló en horario de tarde, y fue impartido por el CN. López Moratalla, antiguo Director del Observatorio y coordinador del seminario; el Doctor Luis Mederos Martín, investigador científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y el Doctor Francisco José González González, Director Técnico de la Biblioteca y Archivo del Real Instituto y Observatorio de la Armada. El día 26 de septiembre se incorporó al seminario, en calidad de oyente, el TN Sergio Borrallo Tirado, responsable de la Sección de Efemérides.

En el seminario se expuso el contexto histórico del problema del cálculo de la situación en la mar, la evolución de los instrumentos náuticos y las dos soluciones que resolvieron el problema: el método de las distancias lunares y el método de los cronómetros. Como actividad complementaria, se realizó una visita al Museo Naval.

El resto de las sesiones se dedicaron a explicar los principios de la navegación astronómica partiendo de lo más básico, la esfera celeste y las coordenadas celestes, para finalizar con el cálculo de una recta de altura del Sol. Además de la medida del tiempo y del Almanaque Náutico, también se explicó el funcionamiento del sextante y los asistentes tuvieron la oportunidad de ajustar tanto los instrumentos aportados por la organización como los que llevaron algunos de ellos.



Figura 1.1: Participantes en el seminario "Navegación Astronómica".

1.3.2. XXXIII Curso de Geodesia del Ejército de Tierra

El TN Borrallo Tirado participó como profesor de este curso, impartido en el Observatorio entre el 11 y el 15 de junio.

1.3.3. Café con Ciencia

Enmarcada en la Semana de la Ciencia 2018, Café con Ciencia es una iniciativa organizada por la Consejería de Conocimiento, Investigación y Universidad de la Junta de Andalucía y coordinada por la Fundación Descubre, en colaboración con las

principales entidades de investigación y divulgación de Andalucía, entre las que se encuentra el Real Instituto y Observatorio de la Armada. El 8 de noviembre se desarrolló esta actividad en la que el TN. Sergio Borrallo Tirado desayunó con alumnos del IES La Bahía, con los que departió de forma distendida sobre su trabajo en el Observatorio con el tema “Mirando el cielo” como punto de partida del encuentro.



Figura 1.2: Alumnos del IES La Bahía de San Fernando, que participaron en el “Café con Ciencia”.

2. Sección de Astronomía

La Sección de Astronomía del Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) desarrolla su actividad principal en el campo de la Astronomía de Posición o Astrometría. Tradicionalmente, esta actividad ha consistido en la elaboración de catálogos estelares mediante observaciones con instrumentos meridianos (Astrometría Meridiana). En la actualidad trabaja en el campo del Space Surveillance and Tracking (SST) con medios ópticos, esto es, la detección y posicionamiento astrométrico de objetos en órbita terrestre, tanto satélites activos como la denominada “basura espacial”.

La Sección de Astronomía del ROA centra todos sus esfuerzos en el activo campo del SST y en la operación y el mantenimiento del Telescopio Fabra-ROA en el Montsec (TFRM). Las actividades en torno al TFRM se enmarcan dentro de un Convenio de Colaboración firmado por el ROA y la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (RACAB), que facilita la operación conjunta desde ambas instituciones.

Desde el 1 de julio de 2016, e impulsado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) como representante español en asuntos de Espacio, se está colaborando en el proyecto español Spanish Surveillance and Tracking (S3T).

En las instalaciones del ROA se conservan otros cuatro instrumentos (Astrolabio Danjon, Astrógrafo Gautier, Anteojo Ecuatorial Cooke y Siderostato Gautier) que ya no tienen utilidad científica. Anteojo Ecuatorial Cooke está siendo utilizado con fines divulgativos o didácticos. Desde la Sección de Astronomía también se está trabajando en recuperar el Astrógrafo Gautier y el Siderostato Gautier con una finalidad divulgativa y didáctica, a la vez que se pretende mejorar las capacidades actuales de estos tres instrumentos para la divulgación y futuros proyectos educativos.

2.1. Telescopio Fabra-ROA en el Montsec



Figura 2.1: Vista del Observatorio Astronómico del Montsec (OAdM). El TFRM a la izquierda y el Telescopio Joan Oró (TJO) a la derecha.

2.1.1. Antecedentes

La Cámara Baker-Nunn (CBN) fue la primera cámara astro fotográfica que se instaló en Europa para el seguimiento de satélites artificiales. Instalada en el ROA por la *Smithsonian Institution* en 1958, estuvo operativa hasta 1979 cuando los EE.UU. pusieron en funcionamiento un nuevo sistema para la detección y seguimiento de objetos en órbita terrestre. La CBN fue cedida al ROA y permaneció inoperativa hasta el año 2002, cuando se empezó a desarrollar un proyecto conjunto en colaboración con el Observatorio Fabra perteneciente a la RACAB. El proyecto consistió en la transformación de la CBN en un moderno telescopio ecuatorial de gran campo, dotado

de una cámara CCD y de uso completamente remoto y robótico. Una vez finalizadas todas las modificaciones en el ROA, durante el año 2010 se trasladó desde San Fernando a su nuevo emplazamiento en el Observatorio Astronómico del Montsec (OAdM), sito en el pre-pirineo leridano. En septiembre del mismo año se inauguró oficialmente con el nombre de Telescopio Fabra-ROA en el Montsec (TFRM).



Figura 2.2: Vista del telescopio TFRM en su actual emplazamiento del Montsec.

2.1.2. Actividades y mantenimientos realizados durante el año

El tiempo de observación del TFRM se ha distribuido en tres proyectos observacionales fundamentales, detección de objetos en órbita geoestacionaria (GEO), observación de campos para la detección de exoplanetas transitando estrellas tipo M y observación de la variabilidad de contrapartidas ópticas de fuentes de rayos gamma.

Del total de horas de observación (6658,61), tiempo sumado entre los dos sensores, los tiempos por porcentajes quedaron distribuidos de la siguiente forma por contratos: SST-UE 48,8%, ISON 47,4%, Exoplanetas 3,1%, Fuentes de rayos gamma 0,6% y Troyanos 0,1%.

Los siguientes gráficos muestran el reparto de horas de observación para cada contrato que corresponde a cada sensor.

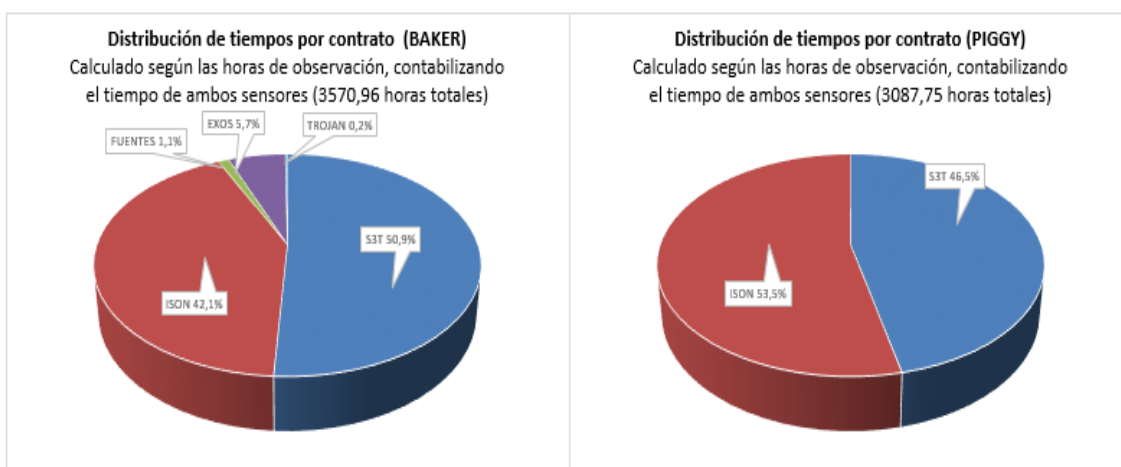


Figura 2.3: Gráficos que representan la distribución horas dedicadas a cada contrato por cada sensor

En el gráfico de sectores se representa la actividad del telescopio durante el año, donde las noches no observadas se dividen en: averías, malas condiciones meteorológicas y "otros". En el apartado "otros" se incluyen noches perdidas por motivos no incluidos en los anteriores, como por ejemplo no disponer de observador a cargo de la observación.

Los motivos principales que han causado averías se pueden clasificar en tres grupos:

- Fallo de comunicaciones provocado por problemas en la red interna del telescopio.
- Rotura del obturador de la cámara CCD de la Baker-Nunn.
- Avería en el router del TJO de acceso a internet.

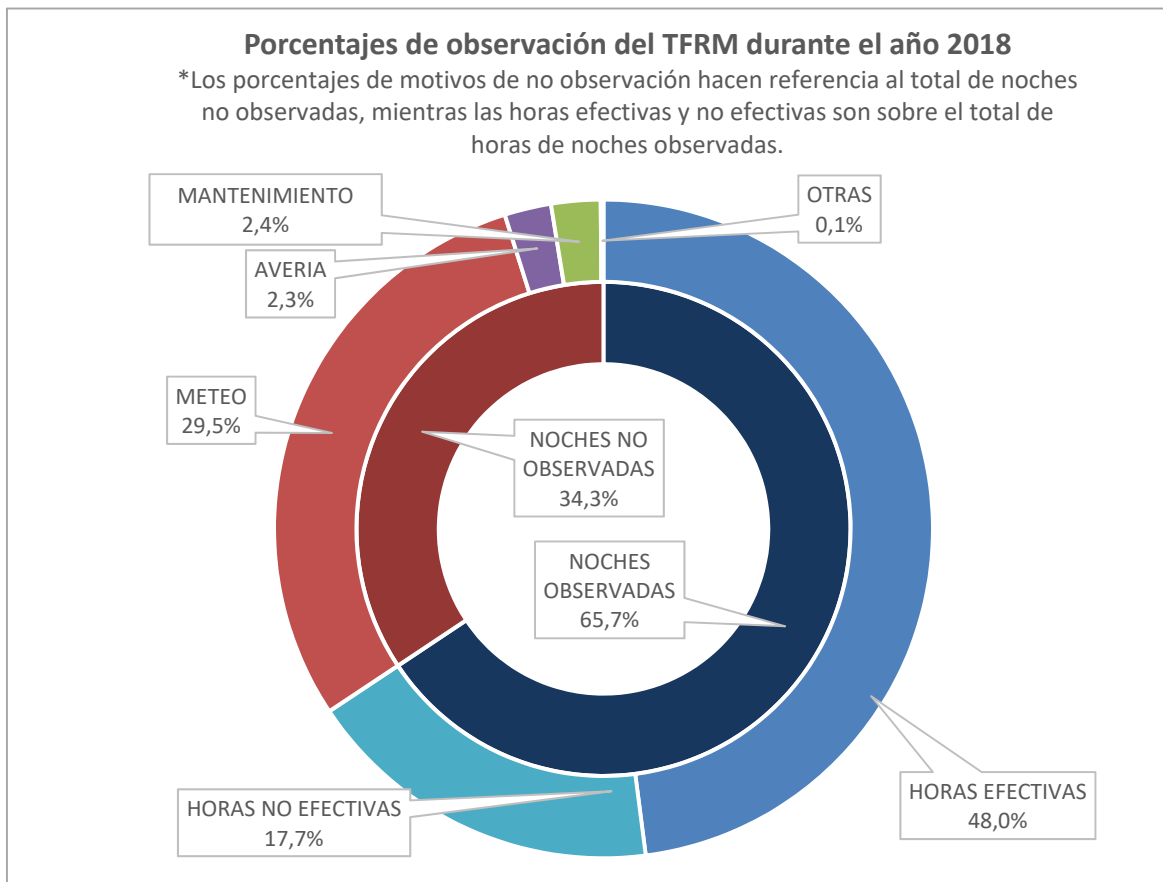


Figura 2.4: Porcentajes de observación del TFRM durante el año 2018.

Durante el año 2018 se realizan 2 periodos de mantenimiento destacados:

1. Modificaciones en INDI.

Estancia en el TFRM con la colaboración de Mike Mazur y Jasem Mutlaq. Durante la estancia se corrigen errores y se realizan modificaciones en INDI para aumentar la estabilidad del sistema e implementar nuevas características.

2. Instalación del nuevo armario rack y enfocador de Piggy.

Se cambian los equipos a un nuevo armario de rack.

Se instala el enfocador (Birger) automático en la Piggy y se desarrolla un driver para controlarlo desde INDI.

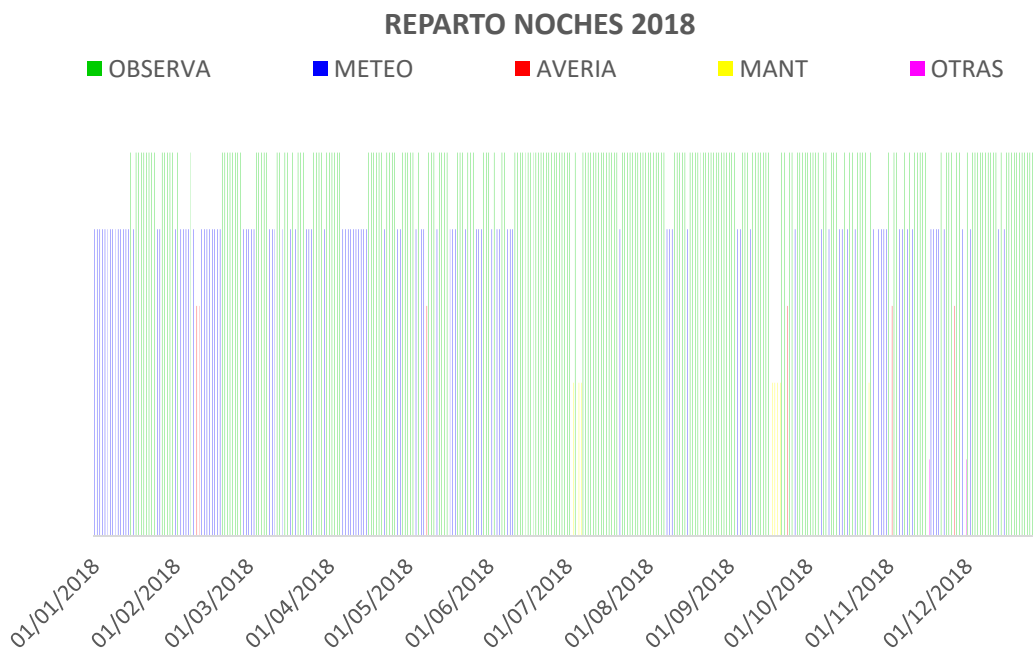


Figura 2.5: Histograma de noches de observación del TFRM durante el año 2018.

2.1.3. Actividades y resultados en el campo del SST

Las actividades del Observatorio en el campo del SST tuvieron su origen en el 2004, con la aprobación del proyecto de investigación de Posicionamiento Astrométrico de Satélites Geoestacionarios (PASAGE). Este proyecto consistió en el desarrollo de software para la determinación precisa de las posiciones angulares de objetos geoestacionarios conocidos (satélites) y su posterior determinación orbital. Todo el proyecto se desarrolló con observaciones realizadas desde San Fernando con el Astrógrafo Gautier, al que se le acopló una moderna cámara CCD. Aunque los métodos desarrollados son de aplicación solo a telescopios de pequeño campo, el proyecto PASAGE abrió una nueva vía de trabajo y fue el inicio de los primeros contactos con instituciones internacionales para el desarrollo de programas observacionales aplicados a la detección y seguimiento de objetos geoestacionarios no controlados (“basura espacial”) con el TFRM.

Desde el 2011, el Observatorio colabora en el esfuerzo internacional y especialmente europeo, para incrementar la seguridad en el espacio, siendo además una de las instituciones a través de la cual España contribuye al proyecto de *Space Situational Awareness/Space Surveillance and Tracking* (SSA/SST) de la Agencia Espacial Europea (ESA) y de la Unión Europea (EU).

Esta colaboración internacional para incrementar la seguridad en el espacio, se centra en la utilización del TFRM como sensor para detectar objetos en órbita geoestacionaria y generar datos para el mantenimiento de catálogos. Así, se contribuye en el mantenimiento del catálogo de objetos geoestacionarios ISON y de la base de datos europea, *Database and Information System Characterising Objects in Space* (DISCOS). Un resumen anual de la situación en la órbita GEO se publica en el documento de la ESA *Classification of Geosynchronous Objects*.

Durante este año se ha continuado colaborando con la red *International Scientific Optical Network* (ISON) en una exploración del anillo GEO visible desde el TFRM.

A principios del 2015, el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), como representante español en Europa para asuntos de Espacio, empezó a negociar la participación de España en los futuros programas de SST de la Unión Europea. Del resultado de estas negociaciones se concibió un sistema SST-UE “federado”, formado por un consorcio de 5 países, cada uno con su propio Sistema de SST (sensores y centro de control de operaciones y análisis) y cada uno representado por sus respectivas agencias espaciales. El consorcio de 5 países está formado en la actualidad por Francia (CNES), Alemania (DLR), Italia (ANSI), Reino Unido (UK Space) y España (CDTI).

En la madrugada del martes, día 6 de marzo, se lanzó el satélite Hispasat 30W-6 (Hispasat 1F) desde la Estación de la Fuerza Aérea Estadounidense, Cabo Cañaveral (Florida, EEUU). La secuencia de lanzamiento hasta alcanzar la órbita geoestacionaria de transferencia, desde la que se transfiere el satélite hasta la órbita final (órbita Geoestacionaria, u órbita GEO, situada a cerca de 36000 km sobre el Ecuador) podía ser observada desde Tierra, lo que propició que se previniera a los organismos con capacidad SST para intentar efectuar tal observación (la secuencia completa del lanzamiento puede verse en: <https://www.youtube.com/watch?v=Kpfrp-GMKKM>).

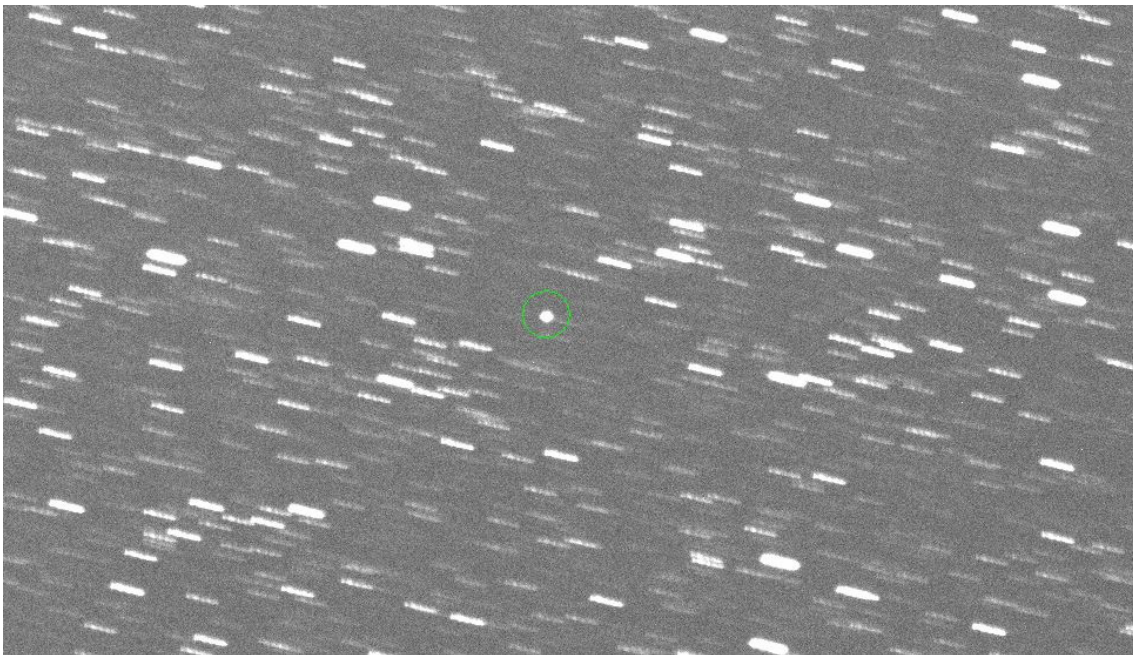


Figura 2.6: Imagen del seguimiento del Hispasat 1-F.

Desde el TFRM, en coordinación con CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial) y el S3TOC (Centro de Control de las operaciones SST Españolas), se planificó la observación para seguir al Hispasat 1F durante su fase en la órbita de transferencia, de unos 33 minutos de duración. Aunque la meteorología no fue buena, debido al fuerte viento de poniente, se consiguieron obtener una serie de imágenes aprovechables. La siguiente imagen obedece a una exposición en la citada madrugada, en cuyo centro se aprecia el Hispasat 1F (se ha rodeado por un círculo verde para destacar la posición). Al estar el telescopio en seguimiento sobre el satélite,

éste se muestra como un punto frente a las estrellas del fondo de la imagen, que aparecen como trazas inclinadas.

El Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial se hizo eco del logro, publicando en su cuenta oficial de Twitter la imagen tomada desde el telescopio TFRM: (<https://twitter.com/CDTIoficial/status/971739590758412290>).

Aunque el contrato SST-UE comenzó el 1 de enero, las observaciones se iniciaron más tarde, condicionadas por los plazos asociados a la oferta del Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), aunque el tiempo no observado se computa a posteriori. La financiación se recibió de los programas Copernicus y Galileo de la Unión Europea, mediante el contrato 237/G/GRO/COPE16/8935, que se prorrogó hasta los primeros meses de 2019.

Durante 2018 se han procesado un total de 870.408 imágenes, tomadas en 2863,58 horas de las 6362.94 horas dedicadas a SST. En total se han detectado 1.116.912 de posiciones GEOs (pertenecientes a 161.054 objetos) con una media de 56,24 objetos por hora, lo que equivale a 766 objetos por noche.

A continuación se detallan los resultados obtenidos durante el año:

Número de noches con resultados: 339
Número de noches dedicadas: 233
Número de noches consideradas “útiles” (con núm. de tracks ≥ 100): 209

Número de tracks totales: 161.054
Media de tracks por noche: 766
Media de tracks por hora: 56,24

Número de posiciones totales: 1.116.912
Media de posiciones por noche: 4794
Media de posiciones por hora: 390

Media de posiciones por track: 6,93

Los histogramas que siguen a continuación representan los resultados para cada sensor y noche (las líneas rojas marcan la media para cada sensor):

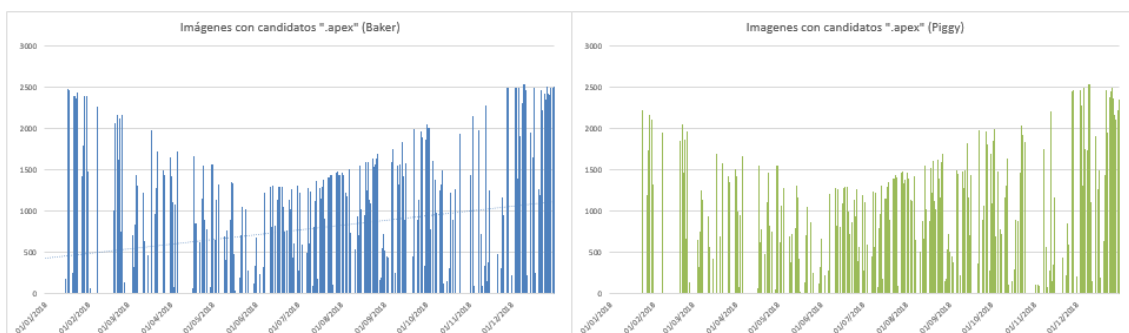


Figura 2.7: Histogramas de imágenes con candidato por noche de observación. Baker (izq.) y Piggy (der.)

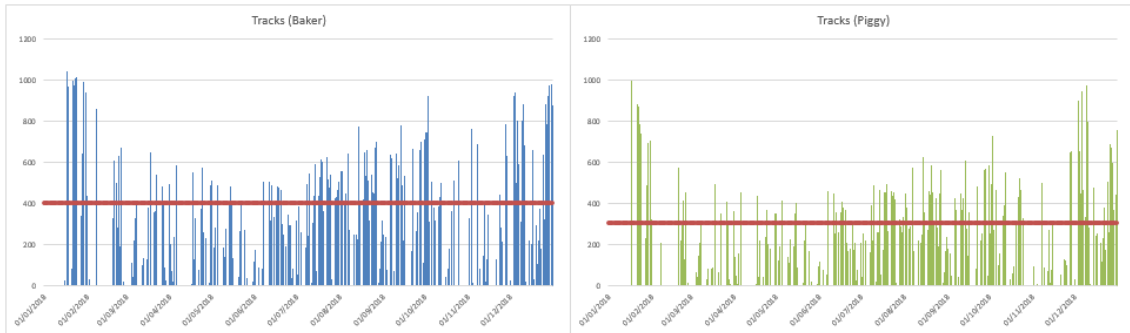


Figura 2.8: Histogramas de tracks por noche de observación. Baker (izq.) y Piggy (der.)

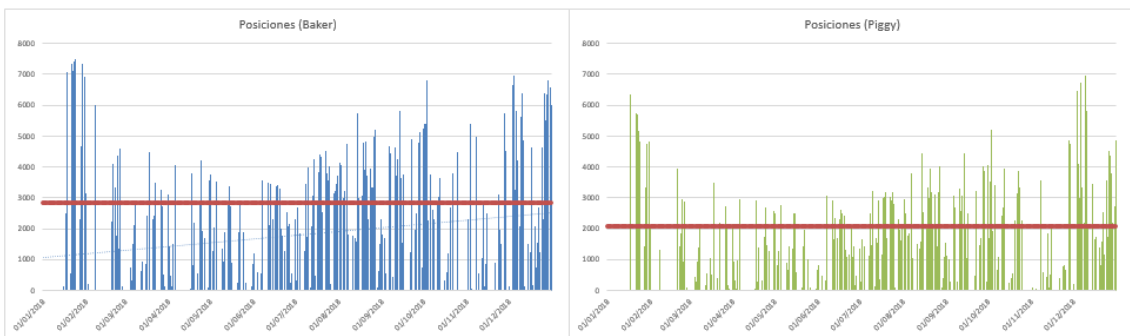


Figura 2.9: Histogramas de posiciones por noche de observación. Baker (izq.) y Piggy (der.)

2.2. Reuniones y estancias de trabajo

Durante el año se celebraron las siguientes reuniones destacables:

- El 09 de enero se celebró en Barcelona, en la sede de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, la comisión mixta del TRFM a la que asistieron los representantes de la RACAB, ROA e IECC.

2.3. Novedades de personal

- El 28 de febrero, el TN. Lluís Canals Ros es nombrado Jefe de la Sección de Astronomía.
- En Septiembre se incorpora a la Sección de Astronomía el TN Pedro Azorín Montesinos.

2.4. Publicaciones y Comunicaciones

- Los días 12 y 13 de julio, el TN Lluís Canals Ros asiste como ponente al Curso de Verano sobre Contribuciones Españolas al Programa de Vigilancia y Seguimiento de objetos espaciales (SST).
- El 22 de noviembre, el TN Lluís Canals Ros asiste al VI Congreso DESEi+d, donde presenta un trabajo sobre las mejoras del TFRM (Cámara Piggy-Back) en el marco del contrato con CDTI.

2.5. Otras actividades

- El 19 de enero, el TN Pedro Azorín Montesinos acude a la conferencia “Observaciones Early Release Science del Sistema de Júpiter con el telescopio espacial James Webb”.
- Durante la semana del 19 al 23 de febrero, el TN Pedro Azorín Montesinos asiste a los seminarios de la Semana de la Ciencia de la ESA, organizados en el Aula Espazio Gela (ESA Science Program “Martin Kessler”, Satellite Navigation and the EU Galileo System “Javier Ventura-Traveset”, Space Situational Awareness “Emmet Flether”, Guidance, Navigation, and Control Systems for ESA Missions “Guillermo Ortega” y ESA Rosetta Mission “Michael Hüppers”).
- El 26 de febrero, Jose Luis Gutierrez Sacristán, doctorando de la Universidad de Valladolid, se incorpora al ROA con motivo de una estancia de trabajo para desarrollar un software para reducción de imágenes astronómicas, basándose en estudios hechos en su doctorado. El 7 de mayo se le concede la beca de la Fundación Alvargonzález para continuar desarrollando el programa de reducción de imágenes.
- En el marco del Proyecto Profundiza de la Junta de Andalucía, se impartió una conferencia sobre SST en el CEIP Puente Zuazo, para alumnos de altas capacidades del segundo ciclo de educación secundaria.
- Participación de los TTNN Lluís Canals Ros y Pedro Azorín Montesinos como conferenciantes en el XXXIII Curso de Geodesia del Ejército de Tierra.
- El 14 de junio, el TN Lluís Canals Ros asiste al acto de clausura del Curso Académico en la RACAB.



Figura 2.10: Conferencia impartida por el TN Lluís Canals Ros en el Centro Inglés.

Sección de Astronomía

- El 26 de septiembre, el TN Pero Azorín Montesinos imparte una conferencia sobre el Real Instituto y Observatorio de la Armada y su relación con el Máster en Ciencia y Tecnología Espacial (Universidad del País Vasco) en el Aula Espazio Gela.
- El día 2 de noviembre, los TTNN Lluís Canals Ros y Pedro Azorín Montesinos participan en las jornadas de Café con Ciencia en el ROA, enmarcadas dentro de la Semana de la Ciencia, organizadas por la Consejería de Conocimiento, Investigación y Universidad de la Junta de Andalucía y coordinadas por la Fundación Descubre. Dentro del mismo marco, los días 13, 15 y 16 del mismo mes se realizaron observaciones nocturnas con el telescopio Cooke para alumnos de 2º de bachillerato.
- El 6 de noviembre, el TN Lluís Canals Ros impartió una conferencia en el Centro Inglés, colegio de El Puerto de Santa María.

3. Sección de Geofísica

Aunque la Geofísica no aparece en el Real Instituto y Observatorio de la Armada hasta la segunda mitad del siglo XIX, ya desde su fundación se encuentran asignados cometidos de carácter netamente geodésico. Así, su fundador, D. Jorge Juan, participó en la campaña geodésica realizada entre los años 1735 y 1744 para la medida del arco de meridiano en el Virreinato del Perú, promocionada por la Academia de Ciencias de París, con el fin de dirimir la disputa sobre la forma física de la Tierra. Posteriormente, como herencia de las observaciones meteorológicas que se realizaban desde los tiempos del traslado desde el antiguo emplazamiento en Cádiz a San Fernando, a finales del siglo XVIII, nacen en torno a 1850 las responsabilidades en el campo de la Geofísica, quedando plasmadas por primera vez en el Reglamento de 1859, que se las atribuye a las secciones de Física y de Geografía.

Es en el año 1924 cuando nace la Sección de Geofísica como tal. Desde ese año y hasta la actualidad, las misiones asignadas en los campos de la Sismología, el Geomagnetismo y la Meteorología se han incrementado debido a la aparición de los satélites artificiales, con sus diversas aplicaciones a las Ciencias de la Tierra. En el Reglamento del Observatorio del año 1979 aparece el Servicio de Satélites, que se suma a los servicios tradicionales de Sismología y Geomagnetismo, manteniéndose las obligaciones observacionales en el campo de la Meteorología.

La actividad desarrollada durante el año 2018 en la Sección de Geofísica puede estructurarse en los siguientes apartados:

- Sismología.
- Geomagnetismo.
- Satélites Artificiales.
- Meteorología.
- Proyectos de Investigación y Acciones Especiales.
- Campañas.
- Publicaciones y Comunicaciones.
- Estancias de trabajo.
- Otros temas de interés.

3.1. Sismología

El registro sísmico cuenta con una amplia tradición en este Observatorio. Diversos sensores y sistemas de registro se han sucedido desde que en enero de 1898, a instancias de Mr. Milne, quedase funcionando la estación más antigua de España, con un período de 18 segundos. Péndulos horizontales bifiliares tipo Mainka, proyectados y construidos en los talleres del Observatorio (1912), complementado posteriormente con un péndulo vertical de 100 kg y 2 segundos de período (1921) de diseño propio, sismógrafos Alfani de 5 y 8 segundos (1933), y por fin, la estación electromagnética Sprengnether de tres componentes, con sismómetro vertical modelo S-5100 V (1975) y sismómetros horizontales S-5100 H (1976), son los antecedentes inmediatos de las redes sísmicas que actualmente opera este Observatorio.

Entre las labores realizadas por el servicio de sismología se encuentra la monitorización de la sismicidad de la región Ibero-Magrebí, analizando de forma automática todos los datos que se reciben, detectando y localizando los sismos ocurridos en la región. Estos datos se revisan posteriormente de forma manual, para su publicación en los *Anales Geofísicos del Real Instituto y Observatorio de la Armada*.

3.1.1. Redes sísmicas

El servicio de sismología dispone de dos redes sísmicas para la adquisición de datos sísmicos. La red de banda ancha, denominada Western Mediterranean (Fig. 3.1 (A)), y la red telemétrica de corto periodo (Fig. 3.1 (B)).

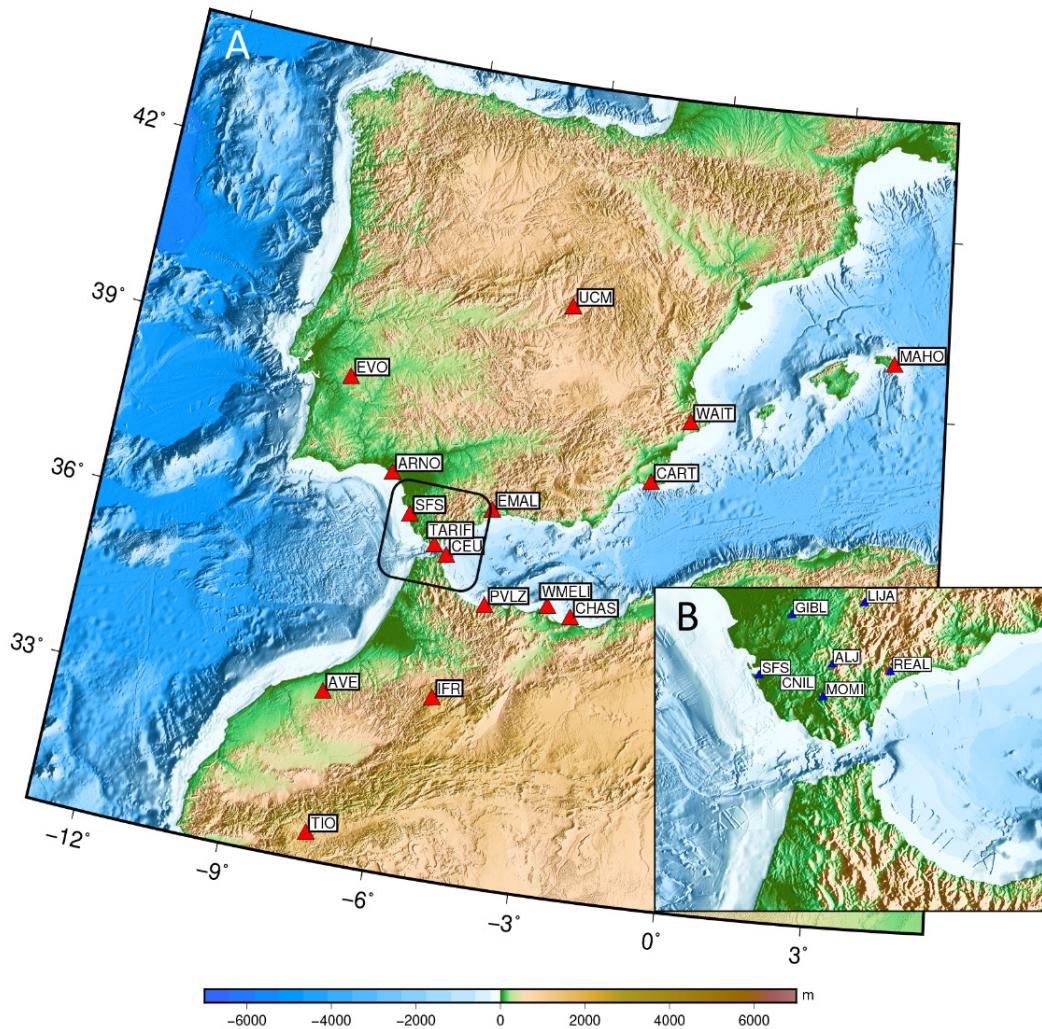


Figura 3.1: (A): Red de banda ancha WM (triángulos color rojo). (B): Red Sísmica de Corto Periodo del Observatorio y del Estrecho” (triángulos color azul).

La red sísmica telemétrica de Corto Periodo integra las redes del Observatorio y del Estrecho, y opera desde finales de 1986 en colaboración con la Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar (SECEGSA) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN). La transmisión de los datos sísmicos de esta red se realiza de forma analógica, vía telemétrica en la banda de frecuencias VHF/UHF, y se digitizan en la central de adquisición.

Actualmente está compuesta por siete estaciones permanente desplegadas en la provincia de Cádiz. La tabla 3.1 resume las características principales.

Sección de Geofísica

Código	Sensor	Comunicaciones
SFS	MARK L-4	CABLE-ROA
CNL	MARK L-4	UHF
ALJ	MARK L-4	UHF
LIJA	MARK L-4	UHF
GIBL	MARK L-4	VHF
REAL	TELEDYNE S-500	VHF
MOMI	MARK L-4	VHF

Tabla 3.1: Resumen instrumentación y comunicaciones de la Red del Estrecho

Por otro lado, la red sísmica de banda ancha WM tiene su origen en el año 1996, fruto de una colaboración entre el ROA, la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y el GeoforschungsZentrum (GFZ), Potsdam (Alemania). Posteriormente, se unieron a la red la Universidad de Évora y el Institut Scientifique de la Universidad Mohammed V de Marruecos (ISRABAT).

La red sísmica WM está compuesta actualmente por dieciséis estaciones con transmisión de datos digitales vía VSAT, intranet o ADSL. La tabla 3.2 resume el equipamiento de las estaciones sísmicas que conforman la WM.

Código	Sensor	Acelerómetro	Digitalizador	Comunicaciones	Periodo Func.
SFS	STS-2	-	Q-4120	VSAT	2001-Cont
CART	STS-2	Episensor ES-T	Q-330-HR	VSAT	1997-Cont
MAHO	STS-2	Episensor ES-T	Q-330-HR	VSAT	1999-Cont
WMELI	STS-2	-	Q-4120	ADSL	2015-Cont
CEU	STS-2	-	ED PS24	Intranet	2004-Cont
EMAL	STS-2	Episensor ES-T	ED PS24	ADSL	2005-Cont
PVLZ	STS-2	-	ED PS24	Intranet	2004-Cont
UCM	STS-2	-	ED PS24	ADSL	2010-Cont
CHAS	STS-2.5	Episensor ES-T	Q-330-HR	Intranet	2014-Cont
EVO	STS-2	-	ED PS24	ADSL	2006-Cont
AVE	STS-2	Episensor ES-T	Q-330-HR	VSAT	2006-Cont
IFR	STS-2	-	ED PS24	ADSL	2007-Cont
TIO	STS-2	-	ED PS24	VSAT	2008-Cont
ARNO	STS-2.5	Episensor ES-T	Q-330-HR	Internet	2015-Cont
WAIT	STS-2	Episensor-ES-T	Q-330-HR	GPRS	2018-Cont
TARIF	STS-2	Episensor ES-T	Q-330-HR	GPRS	2018-Cont

Tabla 3.2: Resumen de la instrumentación y comunicaciones de las estaciones sísmicas que componen la red WM.

3.1.2. Sismicidad

Durante el año 2018 se localizaron alrededor de 2000 sismos (Fig. 3.2) en el área Ibero-Magrebí. Para su localización se utilizaron datos provenientes de las estaciones de la Western Mediterranean, del Instituto Geográfico Nacional, de la red Portuguesa del Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) y de la Red de Corto Periodo.

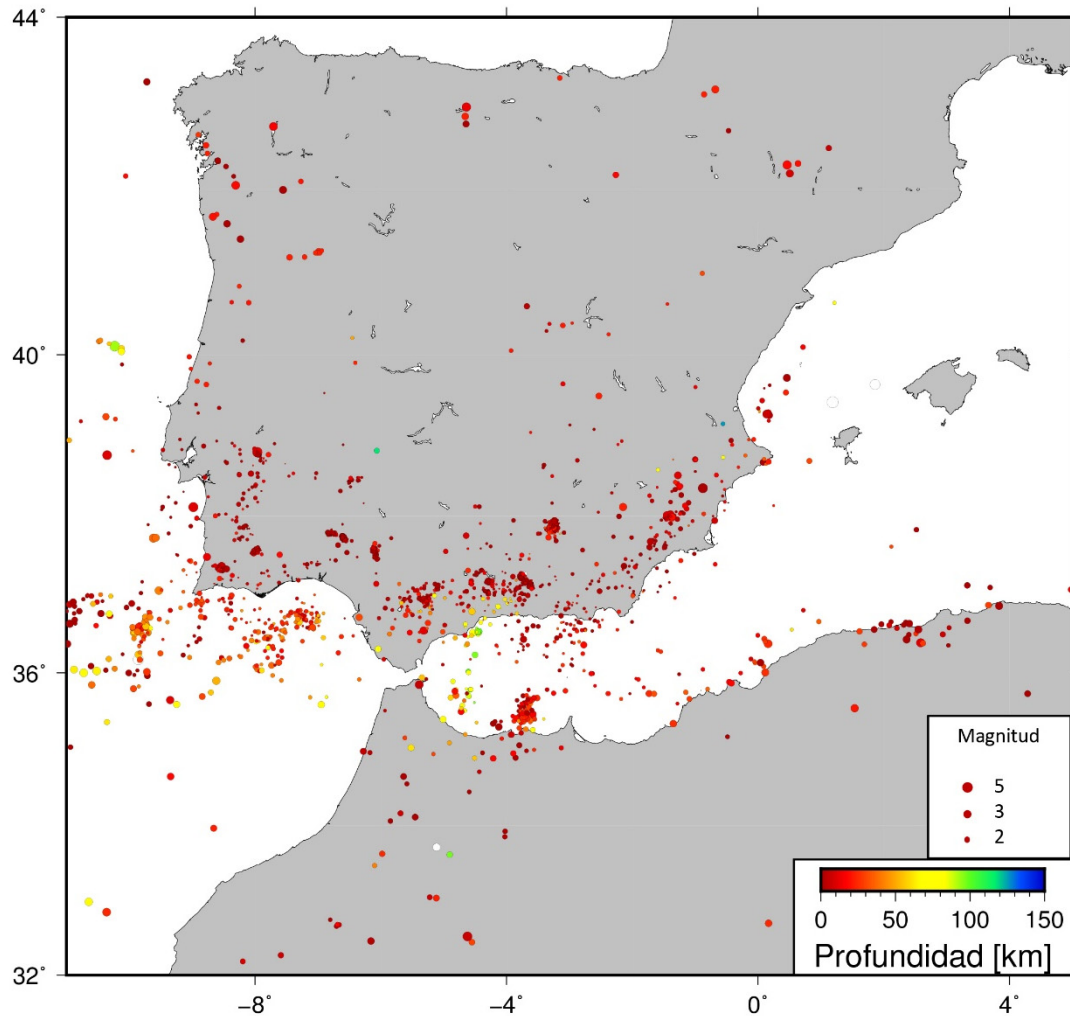


Figura 3.2: Mapa de sismicidad regional correspondientes a sismos localizados durante el año 2018.

Para la localización de sismos lejanos (telesismos) se utilizan, además de las estaciones de banda ancha de las redes mencionadas para el área Ibero-Magrebí, datos de diversas estaciones seleccionadas a nivel global, pertenecientes a diversas instituciones científicas y que transmiten en abierto en tiempo real a través de proveedores de datos como IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) y "GEOForschungsNetz" (GEOFON). En la figura 3.3 se resumen las localizaciones epicentrales de los telesismos registrados durante el año 2018.

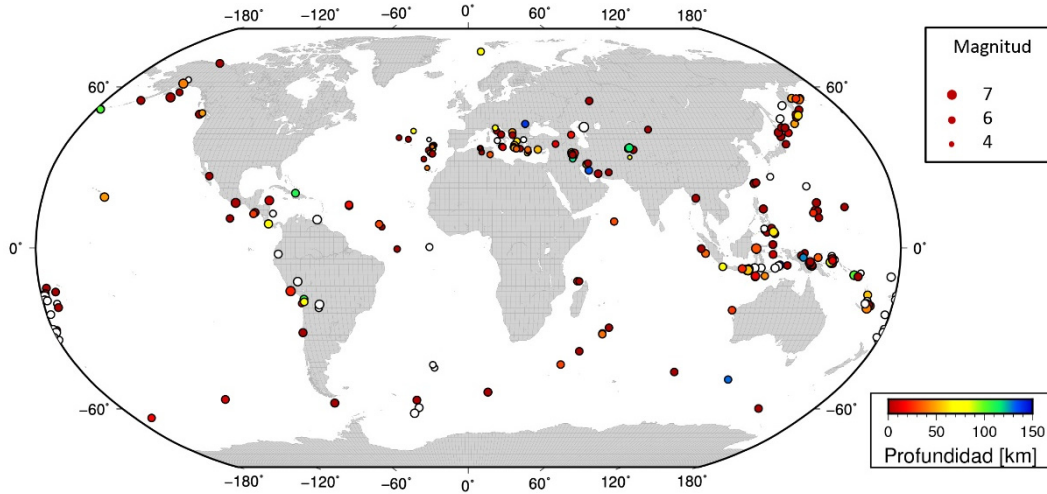


Figura 3.3: Mapa de localizaciones epicentrales de los sismos lejanos registrados para todo el periodo del 2018.

3.1.3. Otras actividades del servicio de sismología

A continuación se detallan las actuaciones llevadas a cabo para mantener en operatividad las redes sísmicas (Red de Corto Periodo y Red WM) a lo largo del año 2018.

Entre los días 7 y 9 de febrero, personal del servicio de sismología lleva a cabo la instalación de una estación de banda ancha en la base del Ejército del Aire EVA-11. Dicho emplazamiento se encuentra en las inmediaciones de la sierra de Aitana y ha sido denominada "WAIT".

El día 26 de febrero, personal del servicio de sismología se desplaza a Melilla para mantenimiento y reparación de la estación de Melilla, "WMELI".

Los días 3 y 31 de mayo, personal del servicio de sismología se desplaza a la estación de corto periodo Lijar "LIJA" para realizar el mantenimiento técnico de la estación.

El 9 de mayo, personal del servicio de sismología se desplaza a la estación de corto periodo Aljibe "ALJ" para realizar el mantenimiento técnico de la estación.

Los días 6, 7 y 8 de junio, personal del servicio de sismología se desplaza a las estaciones de banda ancha de Melilla "WMELI", peñón de Vélez "PVLZ" e islas Chafarinas "CHAS", para realizar mantenimiento técnico y volcado de datos.

El día 31 de julio, se instala una nueva estación de banda ancha en Tarifa, denominada "TARIF", en las instalaciones del túnel de pruebas geológicas del Estrecho de la empresa estatal SECEGSA.

El día 11 de diciembre, debido a problemas de comunicaciones con la estación sísmica localizada en el túnel de pruebas de Tarifa, personal del servicio de sismología se desplaza a este emplazamiento para proceder a reubicarla y reinstalarla.

3.2. Geomagnetismo

3.2.1. Estación Geomagnética “Cortijo Garrapilos”

El registro instrumental del Campo Magnético Terrestre en este observatorio tuvo su comienzo en 1879, con la instalación de la primera estación geomagnética española, compuesta de una estación variométrica de tres componentes modelo ADIE, complementada por un magnetómetro ELLIOT y un teodolito DOWER, iniciándose una serie magnética que es en la actualidad una de las de mayor extensión temporal a nivel mundial.

En los años 70 del pasado siglo, la electrificación de la línea férrea Cádiz-Sevilla introdujo importantes interferencias en los registros magnéticos, al igual que en gran parte de los observatorios nacionales, obligando en su momento a trasladar la estación a una zona alejada unos 8 km al NE del emplazamiento primitivo, ubicándola en el recinto de una Estación Radio Receptora de la Armada, situada en el Barrio Jarana, Puerto Real (Cádiz).

Tal como se ha reseñado en las Memorias de Actividades de años previos, desde el año 1997, y con la finalidad de cumplir los requisitos marcados por la red global INTERMAGNET (*International Real-Time Magnetic Observatory Net*), se efectuaron diversas pruebas de registro del campo magnético en diferentes instalaciones militares de la zona, con el fin de seleccionar un emplazamiento para el traslado de la estación magnética desde su ubicación en el Barrio Jarana (Puerto Real). Finalmente fue seleccionada una zona localizada en la parte posterior del edificio llamado *Cortijo Garrapilos*, perteneciente al acuartelamiento *Cortijo de Vicos*, de la Yeguada Militar (Jerez), dependiente de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Defensa. En las Memorias correspondientes a los años 2003 y 2004 se detallan las actuaciones que en dichos años se realizaron para la construcción del nuevo Observatorio Geomagnético en el recinto del citado *Cortijo Garrapilos*. Cabe destacar que dicha construcción está basada en tres casetas de madera de diferentes tamaños (Fig. 3.18): caseta de observaciones absolutas, de observaciones relativas y de electrónica, las dos primeras con sus correspondientes pilares y debidamente acondicionadas según los requisitos marcados por la IAGA (Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía). Además, se cuenta con dos pequeñas casetas auxiliares para los sensores de los magnetómetros de protones y un pilar externo auxiliar, para control de la evolución geomagnética del entorno. El traslado de instrumentación y la puesta en operación de la nueva estación comenzó el 14 de octubre de 2004, recibándose en el Observatorio de San Fernando de manera satisfactoria el primer fichero de datos de variación del campo geomagnético el día 21 del mismo mes.

En el mes de junio de 2006 este Observatorio fue admitido como miembro de la red global INTERMAGNET.

En el año 2009 se procede a instalar un sistema de aire acondicionado para la caseta de variómetros, situándose la maquinaria en una nueva caseta localizada a suficiente distancia de los instrumentos de registro a fin de evitar interferencias en los registros. Asimismo, se instala otro aire acondicionado, tipo *split* en este caso, en la caseta de electrónica.

Durante el año 2011, y a través del Arsenal de la Carraca, la compañía Telefónica instaló un sistema de seguridad en las casetas. Dicho sistema consiste en una alarma externa, un conjunto de cuatro sensores volumétricos (uno por caseta más un sensor asociado a la caseta del aire acondicionado), y tres sensores de vibración distribuidos entre la unidad externa del aire acondicionado de la caseta de electrónica, y las dos casetas auxiliares en las que se alojan los sensores de los magnetómetros de protones. También en ese año, y con motivo de los preparativos para la celebración del “XV Workshop de la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía (IAGA) sobre Observatorios magnéticos, instrumentación y tratamiento de datos”, celebrado en el mes de junio de 2012, se procedió a la construcción de cinco pilares magnéticos en terrenos previamente acondicionados, situados a poniente del Observatorio.

Durante todo el año 2018 se realizan trabajos rutinarios y de mantenimiento relacionados con el Observatorio Geomagnético de Garrapilos, entre ellos:

- La realización semanal de dos observaciones absolutas.
- Procesado y control diario de los registros que dicho observatorio genera.
- Control de la estabilidad térmica de la caseta variométrica. Este aspecto es fundamental para asegurar la calidad de los registros variométricos. Para ello se han realizado mantenimientos periódicos del grupo de aire acondicionado instalado al efecto.
- Generación del informe anual.
- Se han mantenido las colaboraciones habituales con diferentes centros e instituciones internacionales, remitiendo los datos al World Data Center (WDC), British Geological Survey (BGS), red INTERMAGNET, etc.
- Se ha colaborado en la edición de los Anales de Observaciones Geofísicas del Observatorio correspondientes al año 2018, en su apartado de Geomagnetismo.



Figura 3.4: Vista exterior del Observatorio Geomagnético localizado en el Cortijo Garrapilos.

3.2.2. Otras actuaciones del Servicio de Geomagnetismo

Durante el año 2018, además de las actuaciones en la estación geomagnética antes mencionadas, se realizaron otras funciones en este Servicio, entre ellas se destacan las siguientes:

- Entre el día 8 de enero y el 19 de febrero, el Jefe del Servicio de Geomagnetismo, CF. Manuel Catalán, participa en la campaña antártica DRAKE-2018.
- Entre los días 29 de mayo y 26 de junio, el Jefe de la Sección de Geofísica, CF. Manuel Catalán, y el Ingeniero D. Jesús Quijano Junquera, participan en la campaña ZEEE-2018 a bordo del BIO "Hespérides". La jefatura de la campaña corresponde este año al Real Observatorio de la Armada. Durante la misma se realizan levantamientos de la zona sur del archipiélago canario.

Los días 28 de noviembre, 3 y 11 de diciembre se participa en tres salidas a la mar para adiestramiento de personal del Instituto Hidrográfico en la adquisición de datos geomagnéticos, embarcando el C.F. Manuel Catalán en todas ellas y el TN. Julián Fiz, alumno del XXII Máster en Astronomía y Geofísica de la Escuela de Estudios Superiores de la Armada, en la del día 11.

3.3. Satélites Artificiales

El trabajo en el campo de los satélites artificiales nace en este Centro en el año 1958, merced a un acuerdo de colaboración con la *Smithsonian Institution* (EE.UU.), en virtud del cual se instala en el recinto del Observatorio una cámara Baker-Nunn de seguimiento fotográfico de satélites.

Desde dicha fecha, la evolución instrumental ha sido constante, y en la actualidad el trabajo se desarrolla en dos campos principales:

- Estación de Telemetría Láser sobre Satélites Artificiales.
- GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

3.3.1. Estación de Telemetría Láser sobre Satélites Artificiales

En el año 1968, y en virtud de un acuerdo de este Observatorio con el Groupe des Recherches de Geodesie Spatiale (CNES-GRGS) de Francia, se instala un primitivo láser de rubí en las inmediaciones de la cámara Baker-Nunn antes mencionada. Tras diversos acuerdos con el CNES, éste cede al Observatorio (1983) un nuevo láser de rubí, que instalado en 1984 participó en el Proyecto MERIT. En 1986 se desmontó el equipo de rubí siendo reintegrado al CNES y, según el acuerdo previo, permanecieron en este Centro la primitiva torreta y parte de la electrónica de control del seguimiento. En la actualidad sólo queda de la antigua estación la montura azimutal, ya que la estación ha sido totalmente rediseñada, tanto desde el punto de vista óptico como electrónico e informático, al amparo de diversos proyectos científicos, tanto de la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Investigación del Ministerio de Defensa como del Plan Nacional del Espacio del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO). En la figura 3.5 se muestra la interface del software de control y los dos bancos láser instalados, y en la figura 3.6 se puede apreciar un esquema de bloques de la estación láser.



Figura 3.5: Presentación del programa de control de la estación láser NL-317. La imagen superior derecha muestra los dos bancos láser instalados sobre el tablero óptico.

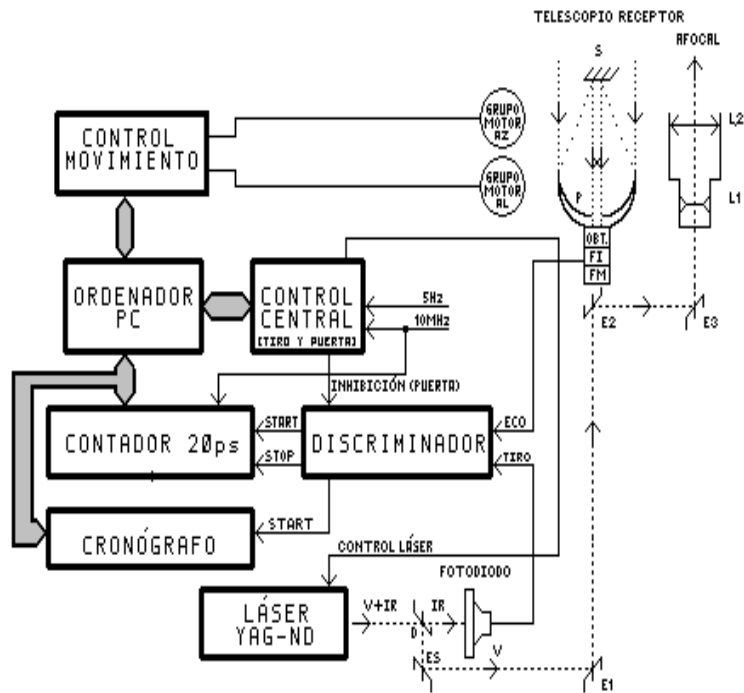


Figura 3.6: Esquema de bloques de la Estación Láser.

Durante el año 2018 se prosigue con las acciones de actualización del sistema de seguimiento láser sobre objetos no colaborativos. Ello conduce a la programación de un nuevo software de control de las estaciones de telemetría. Asimismo se desarrolla un software de control del espacio aéreo que mejora el ya existente incorporando lectores OCR que proporcionan la lectura de apuntamiento en azimuth y elevación, así como alarmas indicando la presencia de aeronaves, o el apuntamiento a zonas comprometidas (Fig. 3.7).

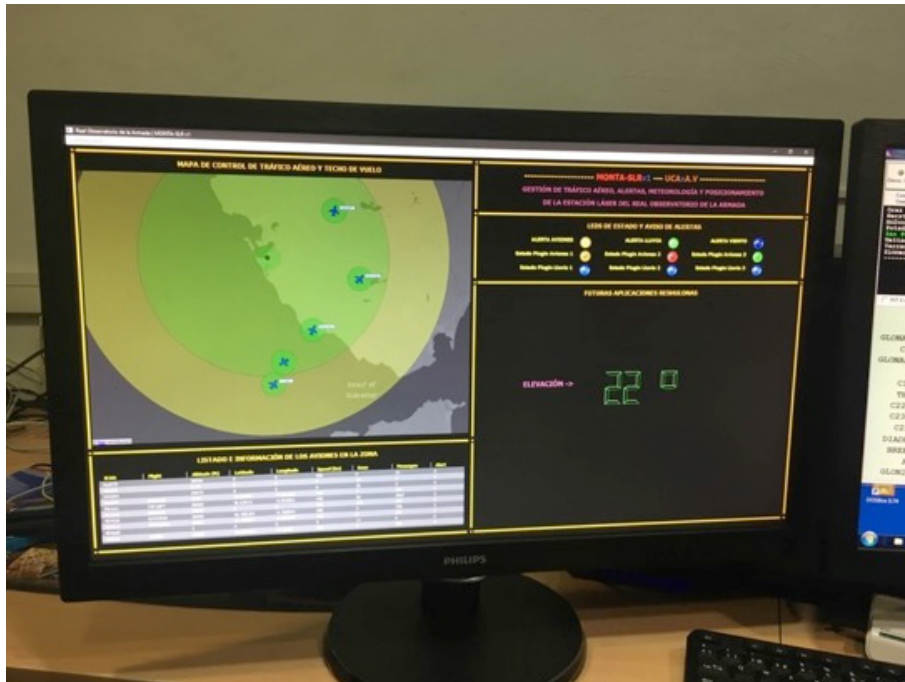


Figura 3.7: Sistema de alerta aérea en funcionamiento durante un seguimiento nocturno. Pueden apreciarse aeronaves sobrevolando el Estrecho de Gibraltar.

Durante el primer semestre del año se llevan a cabo acciones de puesta a punto del nuevo banco láser de picosegundos.

Al detectarse un comportamiento anómalo en la detección de ecos, a comienzos del mes de marzo se desmonta el sensor SPAD y se envía para reparación al Observatorio de Graz, recibándose el día 20 de ese mes.

A lo largo del año se participa en una campaña de observaciones de basura espacial de la Unión Europea, actividad gestionada por el Centro de Desarrollo Industrial (CDTI), que actuó a modo de Agencia Espacial española. Esta actividad supuso una dedicación de un total de 80 noches completas.

Entre el 22 de marzo y hasta el 1 de abril se participa en una campaña de seguimiento de la reentrada de la estación espacial china TIANGONG-1.

Se continúa incluyendo en la rutina de observación, tanto satélites inactivos como objetos no-colaborativos, todo ello genéricamente denominado basura espacial, y cuyos resultados complementan los objetivos planteados en el Proyecto de investigación titulado "Contribución de la estación láser de seguimiento de satélites artificiales del ROA: a) La determinación del sistema internacional de referencia terrestre, y b) al seguimiento de basura espacial" (Referencia ESP2014-56577-P).

El 13 de julio, como consecuencia de un problema de suministro eléctrico en San Fernando y de los picos de tensión asociados, la unidad enfriadora queda inoperativa suspendiéndose las observaciones. Esta unidad se sustituye por otra nueva el 16 de agosto, quedando instalada en la terraza del edificio principal. A lo largo del mes de agosto se procede a su puesta a punto. El 24 de agosto, tras quedar plenamente operativa la nueva unidad enfriadora, se retoma la actividad observacional.

El 20 de agosto se incorpora el Ingeniero Técnico de Arsenales Jesús Marín Montín al Servicio de satélites artificiales.

El 3 de septiembre comienza la parte final de la campaña de observaciones de basura espacial correspondiente al Expediente 20/2017 NEG (DPEERT/DERT) LOTE 3, en colaboración con CDTI y Unión Europea.

A lo largo del mes de octubre, la nueva unidad de refrigeración falla en diversas ocasiones. Tras ser revisada por los técnicos que la instalaron se descubre un estrangulamiento en uno de los tubos de admisión de agua producido durante la instalación en agosto. Se desmonta para su reparación en la casa fabricante, siendo sustituida por otra en tanto esta no queda plenamente operativa. El sistema láser vuelve a quedar operativo el día 23 de octubre.

Durante el mes de noviembre se produce un comportamiento anómalo durante los seguimientos. Las posiciones de los objetos salen muy apartadas de las esperadas, e incluso cuando se está realizando un seguimiento en visual no se obtienen ecos. El día 27 de noviembre se detecta que todo ello es motivado por un fallo en la señal de tiempo que genera un repetidor situado en la antigua Sección de Hora.

En la figura 3.8 se refleja el rendimiento del sistema a lo largo del año. Es pertinente resaltar que la avería del sensor SPAD afectó negativamente al rendimiento de la estación durante los primeros meses del año.

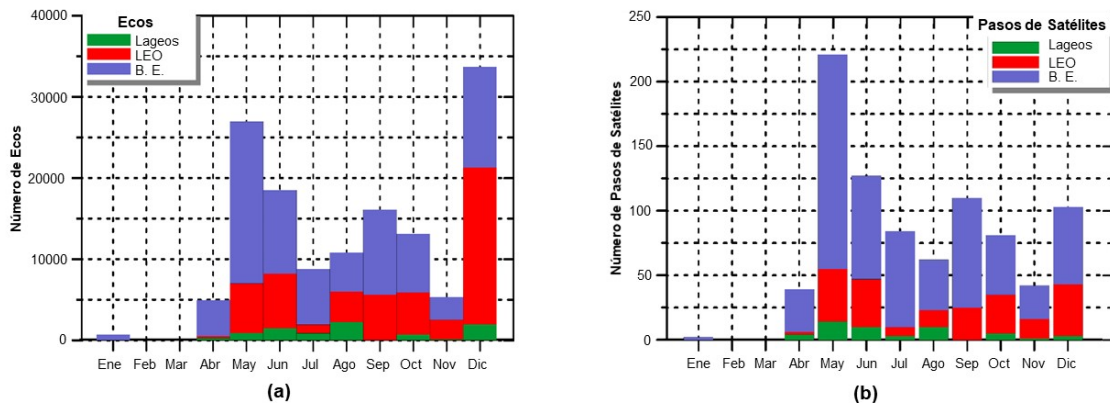


Figura 3.8: Número de ecos y de seguimientos obtenidos utilizando la estación de telemetría láser NL-317 a lo largo de 2018. LEO: Satélites de órbita baja (por sus siglas en inglés). B. E.: Basura Espacial.

3.3.2. Sistema Global de Navegación por Satélite: GNSS

Las aplicaciones principales que del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) se derivan en la Sección de Geofísica, se pueden considerar agrupadas bajo los siguientes aspectos: 1) establecimiento de redes geodésicas y 2) estudios geodinámicos.

El Real Instituto y Observatorio de la Armada mantiene desplegada una red geodésica propia (Red ROA) y es coordinador de la red GPS Topo-Iberia, siendo responsable del mantenimiento de parte de las estaciones pertenecientes a dicha red.

Red ROA

La red GNSS del ROA (figura 3.9 y tabla 3.3) cuenta con ocho estaciones desplegadas en la zona sur de la península Ibérica y el norte de África. Los emplazamientos se distribuyen alrededor de la confluencia de las placas continentales Euroasiática y Africana en la zona del golfo de Cádiz - mar de Alborán, permitiendo la obtención de datos a ambos lados del límite de ambas placas continentales.



Figura 3.9: Distribución de Estaciones de la Red ROA

El Real Instituto y Observatorio de la Armada posee en su recinto un vértice geodésico de primer orden de la Red Española Geodésica GPS, establecida durante la Campaña EUREF'89, que ha sido reobservado en sucesivas campañas: TANGO (1991), EPOCH (1992), MAGIES (1993), IBERIA (1995), SELFII (1996), etc. A finales del año 1995 comienzan las observaciones de forma permanente en este punto fundamental y con fecha 25 de marzo de 1996 se incorpora a la red mundial IGS, del *International GNSS Service* (IGS), con el nombre de SFER.

GPS	Estación	Posición (Latitud, Longitud)	Modelo	Año Instalación
SFER	San Fernando, ROA	36.4644, -6.2056	Leica GR25	1996
CART	Cartagena, E.N. Algameca	37.5868, -1.0124	Trimble NetRS	1997
CEUD	Ceuta	35.8947, -5.2811	Trimble NetRS	2003
ROTA	Base Naval Rota	36.6154, -6.3307	Trimble NetRS	2010
ALBO	Isla de Alborán	35.9335, -3.0225	Trimble NetRS	2003
CHAF	Chafarinas	35.18.35, -2.4311	Trimble NetRS	2007
VELE	Peñón de Vélez	35.1726, -4.3004	Trimble NetRS	2005
AVER	Averroes	33.2981, -7.4133	Trimble NetRS	2008

Tabla 3.3: Listado de Estaciones de la Red ROA

Red Topo-Iberia

El proyecto “Geociencias en Iberia: Estudios integrados de topografía y evolución 4D: Topo-Iberia” ha involucrado a más de 100 investigadores de 10 instituciones distintas y responde al interés de la comunidad científica española de establecer un marco científico en nuestro país, con un plazo inicial de ejecución de 5 años (octubre de 2006 a octubre de 2011), que fue extendido posteriormente en dos años adicionales. En el contexto de este proyecto se desplegó la red Topo-Iberia compuesta por 25 receptores en la península y el norte de África, actuando el ROA como responsable del subprograma de GNSS (Fig. 3.10), además de participar en otros subprogramas.



Figura 3.10: Distribución de Estaciones de la Red Topo-Iberia.

A pesar de haber finalizado la componente de despliegue instrumental, la mayoría de las estaciones de la red GNSS “TOPOIBERIA” se mantienen todavía desplegadas y plenamente operativas, recayendo la responsabilidad de 12 de esas estaciones en el ROA (tabla 3.4).

GPS	Estación	Posición (Latitud,Longitud)	Modelo	Año Instalación
ALJ	Aljibe, Cádiz	36.5299, -5.6494	Trimble NetRS	2008
CAST	Castillo de Segura, Huelva	38.1227, -6.5155	Trimble NetRS	2008
CIER	Villadeciervos, Zamora	41.9411, -6.2807	Trimble NetRS	2008
LIJA	Sierra de Lijar, Cádiz	36.9061, -5.4038	Trimble NetRS	2008
LOBE	Arenas de San Pedro, Ávila	40.2205, -5.1104	Trimble NetRS	2008
LOJA	Loja, Granada	37.1073, -4.1064	Trimble NetRS	2008
MAIL	Maillo, Peña de Francia, Salamanca	40.5119, -6.1680	Trimble NetRS	2008
RUBI	Cabezarrubias, Ciudad Real	38.6094, -4.1966	Trimble NetRS	2008
TIOU	Tiouine, Marruecos	30.9366, -7.2225	Trimble NetRS	2008
ERRA	Errachidia, Marruecos	31.9329, -4.4531	Trimble NetRS	2008

Sección de Geofísica

GPS	Estación	Posición (Latitud,Longitud)	Modelo	Año Instalación
BENI	Beni Mellal, Marruecos	32.3502, -6.3588	Trimble NetRS	2008
TAZA	Taza, Marruecos	34.2167, -3.9833	Trimble NetRS	2008

Tabla 3.4: Listado de Estaciones de la Red Topo-Iberia bajo responsabilidad del ROA

Para el procesado de los datos, el Observatorio emplea tanto el modo de Posicionamiento Preciso de Puntos desarrollado por el Jet Propulsion Laboratory, incluido en el software GIPSY, como el software Bernese 5.2 desarrollado por el Instituto Astronómico de la Universidad de Berna.

Durante el año se realiza el mantenimiento de las distintas estaciones GNSS de las que el Centro es responsable, tanto propias como de la red Topo-Iberia. Ello ha provocado diversas salidas al campo al objeto de subsanar deficiencias, tal y como se relaciona a continuación.

Al objeto de recuperar la estación GPS situada en la isla de Alborán, de la que no se recibían datos desde mediados de febrero, el 22 de agosto se traslada personal de la Sección de Geofísica aprovechando un vuelo de helicóptero de la flotilla de aeronaves destinado al relevo del destacamento. Durante la estancia en la isla se cambian todos los componentes (cable, antena, módulo) quedando la estación funcionando correctamente, y restableciéndose las comunicaciones con el Observatorio.

El día 26 de febrero, personal del Servicio se desplaza a Melilla para realizar mantenimientos en la estación GPS, perteneciente a la red ROA, sustituyéndose el receptor GNSS Trimble NETRS.

El día 3 de mayo, personal del Servicio se desplaza a la estación de Lijar, retirando el receptor GNSS Trimble NETRS de la red TOPOIberia para su reparación.

El día 9 de mayo, se realiza un mantenimiento en la estación de Aljibe, perteneciente a la red TOPOIberia, sustituyéndose las baterías que alimentan los equipos.

Entre los días 6 y 8 de junio, se lleva a cabo una campaña geodésica en los peñones de soberanía española en el Norte de África, contando con el apoyo de una aeronave de la 4ª Escuadrilla de la Armada, y un helicóptero de las FAMET (Ejército de Tierra). Como consecuencia de esta salida, se sustituye el cable y la antena de la estación GPS de las islas Chafarinas. También se realizan mantenimientos en el peñón de Vélez de la Gomera, cambiando la antena de emplazamiento para mejorar la cobertura. Por último, se realiza un estudio de viabilidad para instalar una nueva estación en el peñón de Alhucemas. Durante esta campaña se desmantela la estación GPS de Melilla, por la coexistencia con una estación perteneciente al IGN, cuyos datos están en abierto.

Al no recibirse datos de la estación situada en la isla de Alborán desde el 14 de febrero, se inician gestiones tratando de determinar si el problema concierne a las comunicaciones o si son producidas por el propio receptor. Tras determinar que la razón de este fallo radica en el equipo receptor, el 22 de agosto se trasladan a la isla el Jefe del Servicio de Satélites, TN. Cibeira, con el Ing. D. Jesús Quijano, sustituyendo la antena, el receptor, y el cable de conexión entre la antena y el módulo receptor. Tras esta actuación el equipo quedó operativo.

El día 27 de septiembre, personal de la Sección se traslada a Ceuta para la reparación de la estación. Se sustituyen la antena y el receptor, quedando la estación operativa.

3.4. Meteorología

A medida que se fue desarrollando la astronomía en el Real Instituto y Observatorio de la Armada, surgió la necesidad de tomar paralelamente datos meteorológicos, con la finalidad de aplicar correcciones a las medidas astrométricas mediante modelos de refracción atmosférica. Aunque las medidas pluviométricas se extienden en su registro a 1811, los datos meteorológicos se empezaron a publicar secuencial e ininterrumpidamente desde la aparición de los “Anales del Instituto y Observatorio de Marina de San Fernando” en 1870.

Desde febrero de 1993, continuando con la tradicional colaboración mantenida con la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), antiguo Instituto Nacional de Meteorología (INM), se encuentra instalada en el recinto del Observatorio una Estación Automática Digital modelo SEAC, perteneciente a dicha institución, con adquisición automática cada 10 minutos de los siguientes datos: temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento y presión atmosférica. Esta estación se encuentra integrada, vía módem telefónico, en la Red Meteorológica Automática Nacional, y se calibra de forma periódica por la AEMET.

En el año 2009 se instala una estación meteorológica automática en la isla de Alborán, como parte de la instrumentación desplegada en el Observatorio Geofísico instalado en dicha isla (Memoria del año 2009, apartado 3.5). Esta estación ha sido desplegada en colaboración con la AEMET, tiene similares características e instrumentación a la instalada en el recinto del Observatorio y se encuentra adscrita, asimismo, a la Red Meteorológica Automática Nacional.

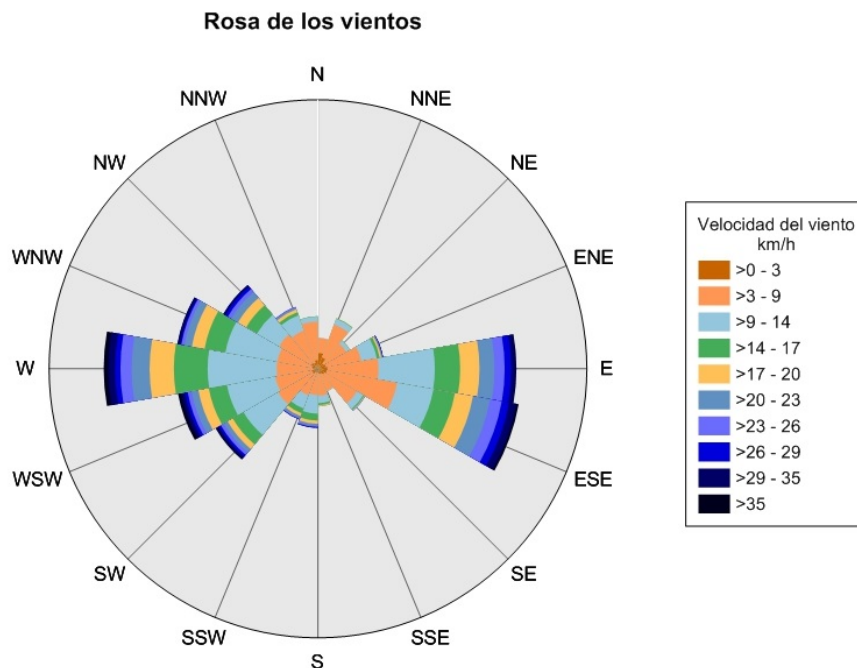


Figura 3.11: Dirección de viento dominante a lo largo del año 2018. Las áreas son proporcionales a la frecuencia de la intensidad del viento en la dirección marcada

Sección de Geofísica

Como se ha indicado anteriormente, en los Anales de la Sección de Geofísica se incluyen las observaciones meteorológicas realizadas durante el año. Como resumen, y a modo indicativo, en las figuras 3.11 a 3.16 se presentan las gráficas de dirección e intensidad del viento, temperatura seca, lluvia total, y presión y humedad, con valores promedios correspondientes al año 2018, en la estación de San Fernando.

Desde comienzos de año, el sensor de viento registraba medidas ruidosas. Como consecuencia de ello, personal técnico de AEMET se desplaza al ROA el día 2 de febrero, sustituyendo la veleta. Ese mismo día se observa que la cruceta sostenedora del sensor de velocidad y de dirección se encuentra sulfatada. El día 20 de febrero, se procede a sustituir la cruceta, quedando el equipo operativo.

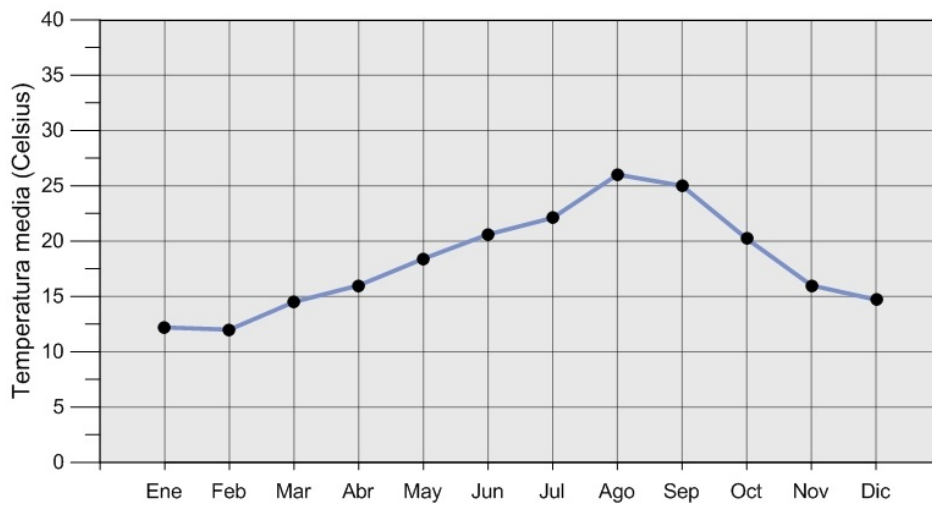


Figura 3.12: Temperatura seca promedio a lo largo del año 2018.

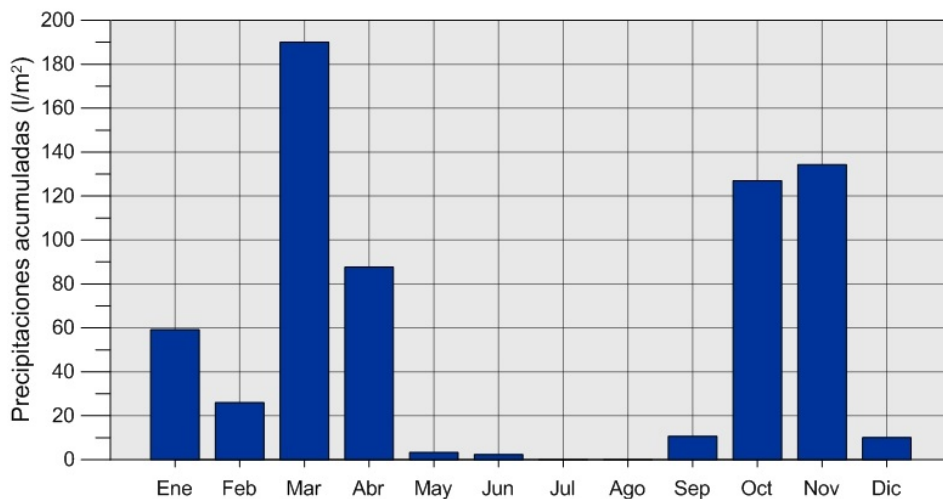


Figura 3.13: Estadística de precipitaciones a lo largo del año 2018.

Sección de Geofísica

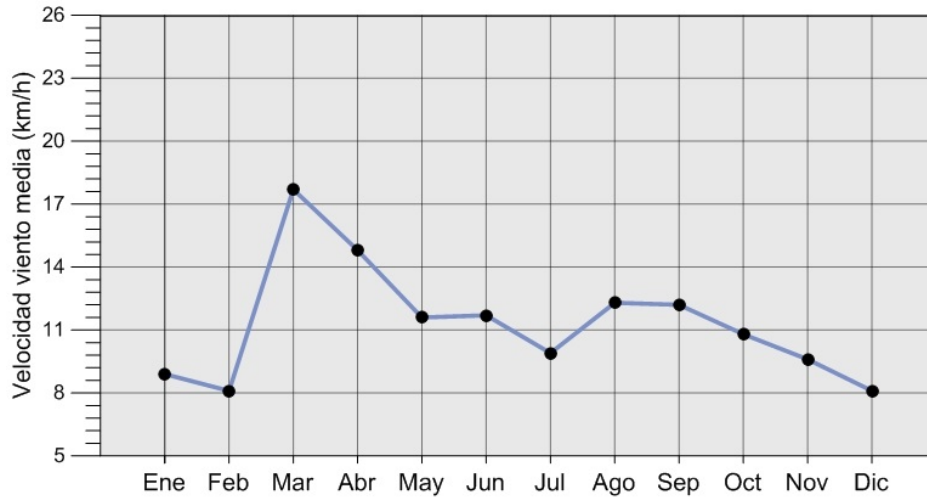


Figura 3.14: Velocidad de viento promedio a lo largo del año 2018.

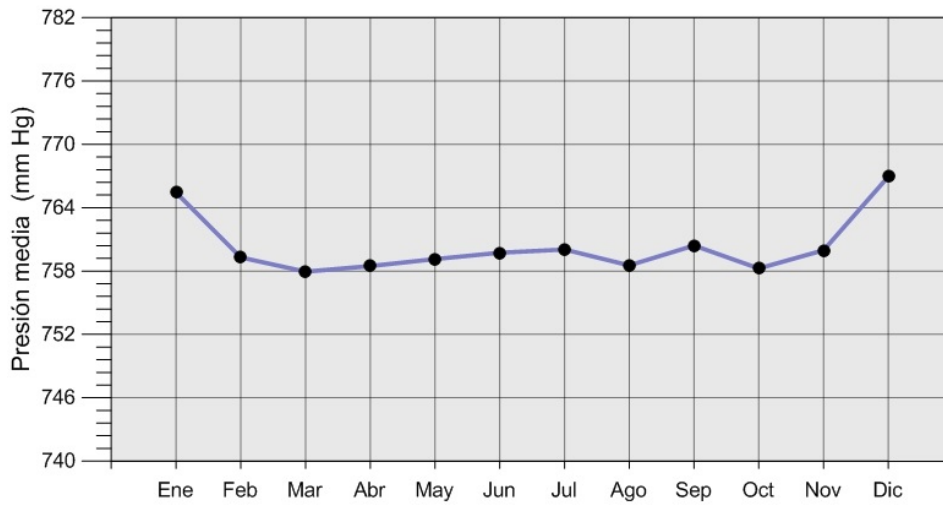


Figura 3.15: Presión promedio a lo largo del año 2018.

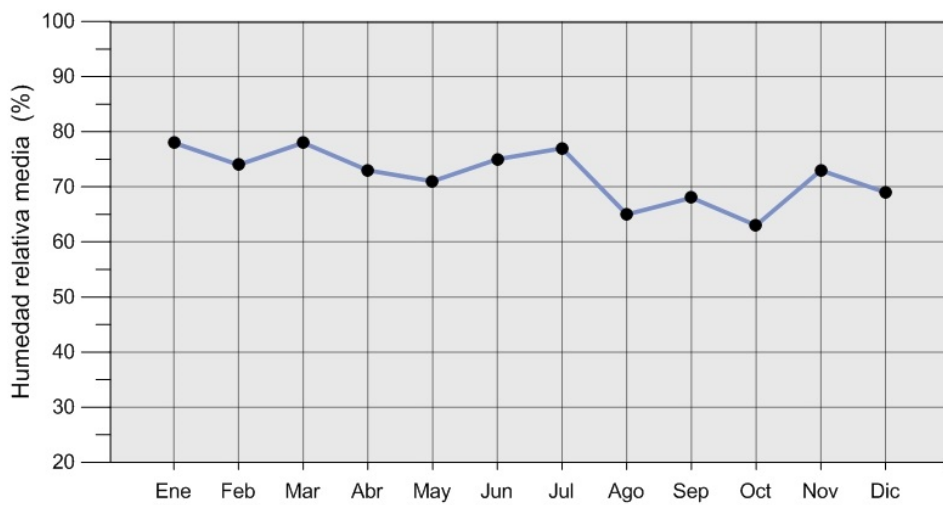


Figura 3.16: Humedad promedio a lo largo del año 2018.

3.5. Proyectos de Investigación y Acciones Especiales

Durante el año 2018 y dentro de la Sección de Geofísica, se han mantenido los siguientes proyectos de investigación y Acciones Especiales:

- **Contribución de la estación láser de seguimiento de satélites artificiales del ROA: a) la determinación del Sistema Internacional de Referencia Terrestre y b) al seguimiento de basura espacial. (ITRF-SFEL-BE).** El objetivo científico fundamental es la mejora de la calidad de los datos producidos por el sistema de observación Láser de satélites con que cuenta el ROA, así como la realización de modificaciones y pruebas encaminadas al seguimiento de basura espacial. Los datos de la estación de seguimiento Láser (SLR) se aportan al Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS), a través del Servicio Internacional de Seguimiento Láser de Satélites Artificiales (ILRS), encargado de la generación de los sucesivos modelos del ITRF.

Para poder ser utilizadas estas observaciones y corregir las órbitas de satélites es preciso alcanzar un nivel de precisión sub-centimétrico. Los últimos avances conseguidos en la mejora de las prestaciones del sistema, tras la ejecución de anteriores proyectos de investigación, se ven parcialmente enmascarados con el envejecimiento progresivo del equipo generador de pulsos láser, y la elevación del nivel de ruido electrónico, que llega a afectar a la precisión de las medidas. Su minimización mediante el diseño e implementación de filtros numéricos y electrónicos es uno de los objetivos planteados en este proyecto.

Por otro lado las modificaciones realizadas al actuar sobre diversos componentes del sistema, durante el tiempo de desarrollo y funcionamiento con sus correspondientes implementaciones parciales de software, han dado lugar a que en el sistema convivan programas que corren en diferentes máquinas sobre sistemas operativos tan dispares como el anticuado MS-DOS, y diferentes versiones de Windows, UNIX y Linux. Por ello se propone en este proyecto una reestructuración profunda del conjunto a través del diseño de un sistema global que integre las diferentes etapas del proceso de conformación del residuo láser utilizando un sistema operativo único, estable y con capacidad de multi-operación que permita optimizar los tiempos de observación, disminuyendo errores y facilitando los sucesivos desarrollos de la estación y la integración de nuevos módulos.

Otro de los objetivos planteados surge como consecuencia de que el ROA es sensible a la creciente importancia que el seguimiento de la basura espacial va cobrando como condicionante cada vez más relevante de las actividades espaciales. Su presencia obliga a los satélites artificiales a la eventual realización de maniobras evasivas con el consiguiente consumo de combustible y reducción de su vida útil. Los elementos orbitales de los que se dispone carecen usualmente de precisión, acumulando cientos de metros e incluso kilómetros de incertidumbre, lo que conlleva efectuar maniobras evasivas (a veces no necesarias), produciéndose ocasionalmente incluso colisiones. La incorporación de medidas Láser dota de una mayor precisión en el conocimiento de dichos elementos orbitales evitando los inconvenientes mencionados, al aumentar y densificar los seguimientos sobre estos objetos.

- **Proyecto del Mapa Mundial de Anomalías Magnéticas (WDMAM) (2ª edición).** Es una iniciativa internacional, sin financiación propia, cuyo objetivo principal es el

recopilar datos de anomalías magnéticas adquiridos a lo largo de décadas por Instituciones, Organismos, Universidades e Industria de diversos países, de forma que pueda generarse un mapa mundial de las anomalías magnéticas que proporcione una perspectiva completa a la comunidad científica. Las instituciones directoras del programa son la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía (IAGA) y la Comisión para la Carta Geológica Mundial (CCGM), que cuentan a su vez con la participación de 12 instituciones de diversos países. El Observatorio (a través del Jefe de la Sección de Geofísica, CF., Dr. Manuel Catalán) y el Instituto de Física del Globo en París (Francia) son los encargados de su ejecución. Esta colaboración internacional permite mejorar el conocimiento del campo magnético terrestre.

3.6. Campañas

Durante el año 2018, la Sección de Geofísica ha desarrollado y participado en las siguientes campañas:

3.6.1. Campaña antártica DRAKE-2018

Entre el 8 de enero y el 19 de febrero, el Observatorio ha participado, como colaborador en la campaña de geofísica marina DRAKE-2018, realizada en la Antártida. Dicho estudio ha sido liderado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y por el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT).

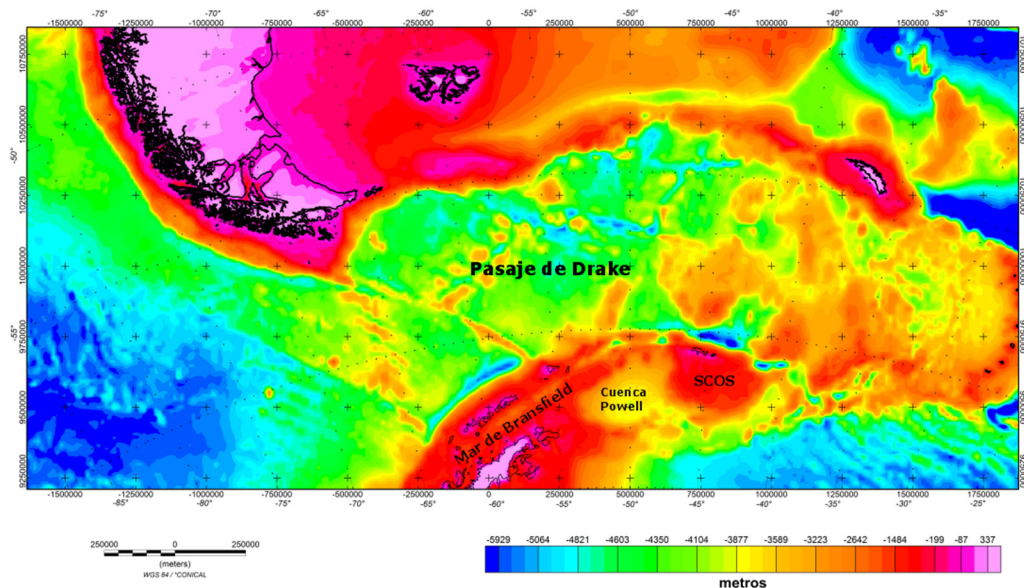


Figura 3.17: Marco geográfico objeto del estudio. La separación de la Antártida de Suramérica permitió el establecimiento de la Corriente circumpolar antártica. Esta inmensa cinta transportadora oceánica es vital para la distribución del calor en nuestro planeta.

La campaña DRAKE-2018 forma parte del proyecto TASMANDRAKE. Este proyecto trata de datar temporalmente cuando se produjo la separación de la Antártida del continente americano, así como explicar qué papel juega dicha separación en el clima actual de nuestro planeta.

El equipo investigador participante estuvo formado por expertos encabezados por el IGME y el IACT, incorporando investigadores de instituciones tanto nacionales como

extranjeras: el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), la Universidad de Granada, la Universidad de Perpignan, el Royal Holloway University of London, la Colgate University, el Geological Survey of Denmark and Greenland, y el Real Observatorio de la Armada.

Sobre el ROA recayó la responsabilidad de participar en el control de la adquisición de los campos potenciales: magnetómetro marino, y gravímetro.

Durante la campaña se navegó por el Mar de Bransfield, la Cuenca Powell, la Cuenca Ona y el subcontinente de las Orcadas.



Figura 3.18: Maniobra de lanzamiento de una sonda de toma de muestras de sedimento del fondo marino. Una de las formas más efectivas de obtener información sobre el clima del planeta hace millones de años.

3.6.2. Campaña ZEEE-2018

Entre el 29 de mayo y el 26 de junio se participa en la vigésima campaña, dentro del Proyecto de investigación de la Zona Económica Exclusiva Española, en la zona del archipiélago canario. La campaña se realizó a bordo del BIO Hespérides y se utilizaron los siguientes sensores: el sondador multihaz EM-122, el monohaz EA-600, el gravímetro Bell Aerospace BGM-3, el Magnetómetro Marino Sea-Spy, el correntímetro doppler y la sonda paramétrica TOPAS PS 18.

La Jefatura de la Campaña corrió a cargo del Real Instituto y Observatorio de la Armada, participando personal del Instituto Hidrográfico de la Marina, del Instituto Geológico y Minero de España, de la Universidad Complutense de Madrid, de la Universidad de Cádiz y del Instituto Español de Oceanografía, además de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria como organismo invitado. Por parte del Real Instituto y Observatorio de la Armada participaron el CF, Dr. Manuel Catalán (Jefe de Campaña) y el Ingeniero D. Jesús Quijano.

En la figura 3.19 se presenta un resumen de las zonas de interés dentro del proyecto ZEEE en el entorno de la península, islas Baleares y archipiélago canario.

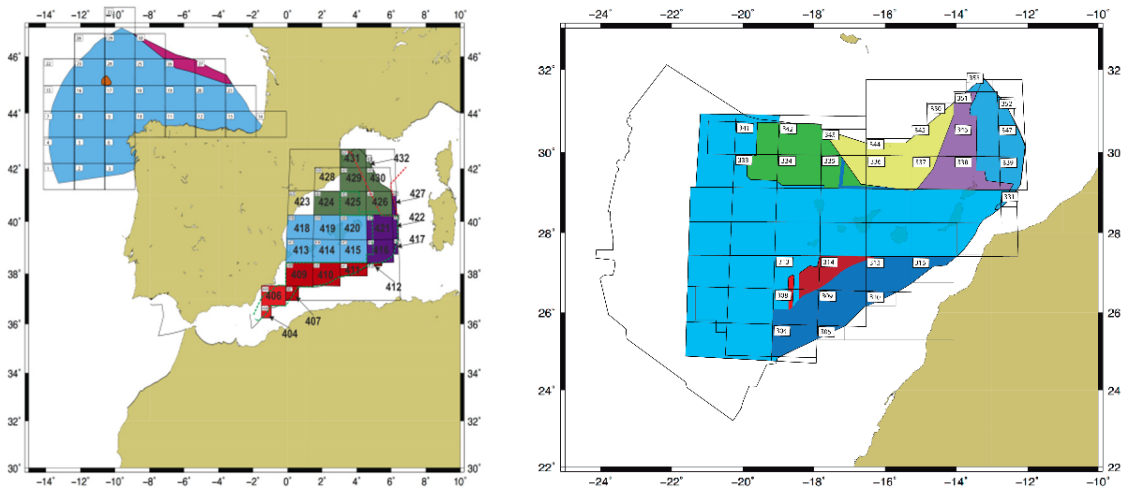


Figura 3.19: Zonas de interés de la ZEEE en el Norte de la Península, mar Balear y archipiélago canario. La del archipiélago canario muestra la situación una vez concluida la campaña ZEEE-2018.

En la figura 3.20 se muestran las líneas navegadas a lo largo de esta campaña.

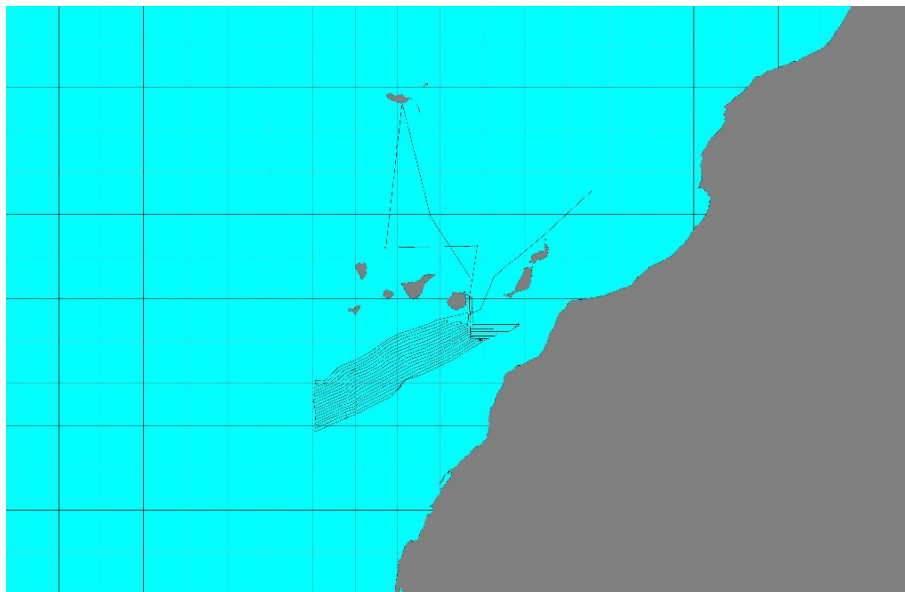


Figura 3.20: Líneas efectuadas durante la ZEEE-18.

3.7. Publicaciones y Comunicaciones

3.7.1. Publicaciones

- **Título:** Geothermal heat flux reveals the Iceland hotspot track underneath Greenland.
Revista: Geophysical Research Letters, 44, 11417-11426. DOI 10.1029/2018GL078289.
Autores: Y.M. Martos, T.A. Jordan, M. Catalán, T.M. Jordan, J.L. Bamber y D. Vaughan.
Resumen: La localización de las profundidades de Curie bajo Groenlandia se obtienen mediante la realización de un análisis espectral de los datos del Mapa de Anomalías Magnéticas Mundiales Digitales v2. A partir de dicho modelo

térmico de la litosfera se ha obtenido un mapa de flujo de calor. Este nuevo mapa exhibe un contenido espectral en el dominio de las altas frecuencia significativamente superior a otros estudios previos, pero muestra amplitudes más bajas. Esta nueva información proporciona una condición de frontera importante para los modelos numéricos de láminas de hielo y para la interpretación de los perfiles de temperatura de los pozos. Adicionalmente revela nuevas características geológicas significativas. En particular, se identifica una anomalía de flujo de calor geotérmico elevada “quasi” lineal que se extiende desde el noroeste al sureste a través de Groenlandia. En el estudio, esta anomalía es interpretada como un testimonio del paso, entre hace 80 Ma y 50 Ma, del punto caliente actualmente situado en Islandia.

- **Título:** Statistical analysis of the oceanic magnetic anomaly data.
Revista: Physics of the Earth and Planetary Interiors.
Autores: A. de Santis, F.J. Pavón-Carrasco, F. Ferraccioli, M. Catalán, T. Ishihara.
Resumen: El estudio de los parámetros estadísticos de las anomalías magnéticas oceánicas podría ser muy importante para obtener nuevos conocimientos sobre la tectónica de placas, especialmente sobre las propiedades magnéticas de las placas oceánicas litosféricas. En este trabajo se analizan en términos de distribuciones estadísticas las anomalías magnéticas oceánicas que cubren la corteza oceánica desde sus zonas más jóvenes hasta las más antiguas. Nuestros resultados muestran que las anomalías magnéticas oceánicas siguen la distribución estadística de Laplace. Este comportamiento se observa a escala global y durante cualquier intervalo de tiempo a lo largo de los últimos 180 Ma.

Los parámetros estadísticos de esta distribución de Laplace son utilizados para definir algunas de las propiedades magnéticas de la corteza oceánica. Nuestro estudio se centra en el Supercron Normal Cretácico. Finalmente, también se proporciona una explicación física a esta distribución estadística mediante una prueba con datos sintéticos.

- **Título:** La amenaza de la basura espacial.
Autores: M. Catalán.
Revista: Revista Española de Defensa.
Resumen: En este artículo se explica la problemática generada por la basura espacial y se describen las actividades relacionadas con el seguimiento de este tipo de objetos en los que participa el Observatorio de la Armada.
- **Título:** Imaging the Growth of Recent Faults: The Case of 2016–2017 Seismic Sequence Sea Bottom Deformation in the Alborán Sea (Western Mediterranean).
Revista: Tectonics, 37, 2513-2530, doi: 10.1029/2017TC004941.
Autores: J. Galindo-Zaldivar, G. Ercilla, F. Estrada, M. Catalán, E. d’Acremont, O. Azzouz, A. D. Casas, M. Chourak, J. T. Vazquez, A. Chalouan, C. Sanz de Galdeano, M. Benmakhlouf, C. Gorini, B. Alonso, D. Palomino, J. A. Rengel, and A. J. Gil.
Resumen: La convergencia oblicua de la placa eurasiática-africana produce acortamiento y extensión ortogonal en la cuenca marina de Alborán (Mediterráneo occidental), ubicada entre las cordilleras Béticas y la del Rif. Una banda ancha NNE-SSW de deformación y sismicidad afecta a la parte central de Alborán. Tras las series sísmicas de 1993–1994 y 2004, se produjo una

secuencia de terremotos que golpeó principalmente su sector sur en 2016–2017 (evento principal Mw = 6.3, 25 de enero de 2016). Mediante perfiles sísmicos, batimetría multihaz, datos de gravedad y sismicidad se investiga si tuvo lugar una deformación cercana a la superficie. En este trabajo se observa que los epicentros se pueden agrupar según dos alineaciones principales. La alineación WSW-ENE del norte es producida por mecanismos focales de falla inversa, observándose en ella depósitos recientes. La alineación sur consiste en una zona de deformación sinistral vertical NNE-SSW, en la que los epicentros de mayor magnitud se ubican a lo largo de una banda estrecha de 5 a 10 km desplazada hacia el oeste de la falla Al Idrisi. En esta zona, la deformación cercana a la superficie incluye fallas verticales y normales activas de orientación NW-SE, sin mapear hasta ahora. Posteriormente, durante la crisis sísmica los epicentros, se extendieron hacia el este alcanzando la falla de Al Idrisi, caracterizada por fracturas verticales discontinuas activas de NNE-SSW. La sismicidad y las estructuras tectónicas sugieren una propagación hacia el oeste de la deformación y el crecimiento a la profundidad de las fallas incipientes, que comprende una zona de falla sinistral NNE-SSW en profundidad que está conectada en su zona superior con fallas normales y verticales de orientación NW-SE. Esta zona fracturada es la responsable de la sismicidad acaecida en 1993–1994 en el área costera, en 2004 en tierra y en 2016–2017 en alta mar. Las perspectivas para la evaluación de peligros sísmicos apuntan al crecimiento de fallas recientes que podrían producir terremotos potencialmente de mayor magnitud que las fallas ya formadas.

- **Título:** A short geological evolution history for the Alborán sea basin.
Autores: J.T. Vázquez, G. Ercilla, B. Alonso, M. Catalán, F. Estrada, C. Juan, J. Galindo-Zaldívar, D. Palomino, C. Sanz de Galdeano, R. Vegas, A. Ammar, A. Chalouan, E. d'Acremont, Ch. Gorini, D. do Couto, O. Azzouz, M. Benmakhlouf.
Revista: Springer monographic issue on Alboran Basin.
Resumen: En este libro participa el CF, Manuel Catalán en la redacción de un capítulo sobre las características genéricas de la Cuenca del mar de Alborán desde el punto de vista de los campos potenciales

3.7.2. Comunicaciones en congresos

- **Título:** Characterization and applicability of an Ocean Bottom Seismometer Array to detect incoherent seismic signals
Congreso: EGU General Assembly 2018
Fecha: 11 de abril
Tipo participación: Presentación oral
Autores: Cabieces R., Yeguas A., Pazos A., Krüger F.
- **Título:** Hypocentral determinations for earthquakes in Cape Saint Vincent using OBS and land stations
Congreso: EGU General Assembly 2018
Fecha: 12 de abril
Tipo participación: Presentación Poster
Autores: Cabieces R., Buforn E., Pazos A.
- **Título:** Shallow velocity structure of NE South America and SE Caribbean from ambient noise tomography
Congreso: EGU General Assembly 2018

Fecha: 13 de abril

Tipo participación: Poster

Autores: Villaseñor A., Cabièces R., Ventosa S., Schimmel M.

- **Título:** New methodology to estimate the slowness vector: Application in Ocean Bottom Seismometer Incoherent Array
Congreso: ESC 2018
Fecha: 03 de septiembre
Tipo participación: Presentación oral
Autores: Cabièces R., Krüger F. Yeguas A., Pazos A. Villaseñor A.

3.8. Estancias de trabajo

- Al objeto de efectuar su Trabajo de Fin de Grado, el alumno de la Universidad de Cantabria D. Fabio Naboni Martín, dirigido por el CF. Manuel Catalán Morollón, efectuó una estancia en la Sección de Geofísica durante la semana del 1 al 5 de octubre.
- Entre los meses de septiembre y diciembre, el TN. Manuel Sánchez Piedra participa en el proyecto de formación ESAC “Space Surveillance and Tracking (SST) Segment: Support on Testing SST front-end and back-end”, en el Centro Europeo de Astronomía Espacial (ESAC), en Villanueva de la Cañada (Madrid).

3.9. Otros temas de interés

3.9.1. Conferencias y Cursos

- El 16 de abril, el CF. Manuel Catalán Morollón imparte en la Facultad de CC. Físicas de la Universidad Complutense de Madrid, una conferencia titulada “Ciencia en el lugar más inhóspito del planeta: La Antártida”, dentro del ciclo de conferencias “Hablemos de Física”, siendo posteriormente publicada en la web: <https://www.youtube.com/watch?v=bSIII3SCySs>.
- El 16 de mayo, el CF. Manuel Catalán Morollón, dentro del Proyecto PROFUNDIZA de la Junta de Andalucía, imparte una clase en el Colegio público “Puente Zuazo” a un grupo seleccionado de niños con altas capacidades intelectuales.
- El 6 de septiembre, el CF. Manuel Catalán Morollón imparte una conferencia titulada “Tormentas solares geomagnéticas: ¿un riesgo para la seguridad de España?”, dentro del curso de verano “Riesgos naturales para la seguridad: Cambio climático y tormentas solares”, organizado por la Universidad de Santiago de Compostela.
- El 13 de diciembre, el CF. Manuel Catalán Morollón imparte una conferencia en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid titulada “Investigaciones geofísicas en el océano y en entornos volcánicos”.

3.9.2. Personal

- El 28 de febrero, el CF. Manuel Catalán Morollón es nombrado Jefe de la Sección de Geofísica.

- El 1 de agosto se incorpora a la Sección el TN. Manuel Angel Sánchez Piedra, tras embarcar en la Escuela de Estudios Superiores por resolución 631/12471/18 del ALPER (BOD núm. 158).
- El 21 de septiembre desembarca el TN. José Angel Cibeira Urriaga, pasando destinado al Mando Conjunto de Ciberdefensa del EMAD en Pozuelo de Alarcón por resolución 431/13985/18 (BOD 186).

3.9.3. Entrevistas

- El 1 de abril se publica en el diario digital una entrevista sobre la colaboración del Real Observatorio de la Armada en el seguimiento de basura espacial: https://www.elespanol.com/espana/20180401/protege-armada-basura-espacial/295721195_0.html
- El 1 de agosto se publica en diversos medios, tanto nacionales como extranjeros, referencias al artículo Geothermal heat flux reveals the Iceland hotspot track underneath Greenland, del que es co-autor el C.F. Manuel Catalán Morollón:
 - Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/nasa-scientist-reveals-details-of-icy-greenland-s-heated-geologic-past>.
 - British Antarctic Survey (BAS) <https://www.bas.ac.uk/media-post/thermal-scar-from-dinosaur-era-still-warming-base-of-greenland-ice-sheet-new-findings-show/>.
 - British Broadcasting Corporation (BBC) <https://www.bbc.co.uk/news/science-environment-45031592>.
 - Blue Planet Heart (Italia) <http://www.blueplanetheart.it/2018/08/lungo-viaggio-della-groenlandia-suo-contributo-alla-nascita-dellislanda/>.
 - Armada Española <http://armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/onocenosnoticias/prefLang-es/00noticias--2018--08--NT-090-NASA-ARMADA-es?selectedNodeID=3495206&pageAction=selectItem>.
- El 9 de septiembre se publicada una entrevista sobre los trabajos que se realizan en el ROA en relación con la basura espacial. https://www.lavozdigital.es/cadiz/provincia/lvdi-laser-gaditano-vigila-basura-espacial-201809090905_noticia.html.

3.9.4. Comisiones y Reuniones

- El 9 de abril, el CF. Manuel Catalán Morollón participa en la primera reunión del Grupo de Trabajo de Datos Marinos, encargado de constituir el Banco de Datos Marino – Proyectos I+D+i. Dicha reunión tuvo lugar en el Instituto Español de Oceanografía (IEO) en Madrid.
- El 9 de mayo tiene lugar la reunión del Comité Director del Plan de Investigación Científica de la Zona Económica Exclusiva, en el acuartelamiento de RETAMARES (Madrid), asistiendo el Director del Observatorio y el Jefe de la Sección de Geofísica, CF. Manuel Catalán Morollón.

Sección de Geofísica

- El 11 de mayo se celebra la novena reunión del Grupo de Cartografía Marina, participando el CF. Manuel Catalán Morollón.
- El 25 de julio participan en una reunión preparatoria de la próxima convocatoria de proyectos de I+D+i, en el Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales (INTA), el CN. Francisco Javier Galindo Mendoza y el CF. Manuel Catalán Morollón.
- El 19 de septiembre, el CF. Manuel Catalán Morollón participa en la segunda reunión del Grupo de Trabajo de Datos Marinos, que tuvo lugar en el IEO.
- El 5 de octubre, el CF. Manuel Catalán Morollón participa en el tribunal de adjudicación del premio “García- Siñeriz” a la mejor tesis doctoral de Geofísica correspondiente al año 2017.
- El 29 de octubre, el CF. Manuel Catalán Morollón participa en la “I Jornada Fuerzas Armadas y Medios de Comunicación”, convocada por la Dirección General de Reclutamiento y Enseñanza Militar en la Academia Central de la Defensa en Madrid.
- El 22 de noviembre, el CF. Manuel Catalán Morollón participa en la décima reunión del Grupo de Trabajo de Cartografía Marina en Madrid.

4. Sección de Hora

Las misiones que la Instrucción de Organización núm.: 01/2011 del Almirante Jefe de Asistencia y Servicios Generales del Cuartel General de la Armada, de 27 de enero, por la que se establece la Organización del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando, encomienda a la Sección de Hora, son:

- Determinar, mantener y difundir la escala de tiempo UTC(ROA), base de la Hora Legal Española, y las escalas de tiempo astronómico en uso, de acuerdo con los requisitos internacionales.
- Colaborar con el Centro Español de Metrología (CEM), en los cometidos que le sean aplicables, como Laboratorio Asociado al CEM, según el R.D. 1308/1992, de 23 de octubre (BOE 282/92).
- Colaborar con la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM), en las campañas internacionales de sincronización en el mantenimiento de la hora atómica internacional.
- Cumplir con los requisitos establecidos en el Acuerdo de Reconocimiento Mutuo suscrito por los Institutos Nacionales de Metrología pertenecientes a la Convención del Metro.
- Representar al ROA en la Comisión de Laboratorios Asociados del Consejo Superior de Metrología.
- Asumir la representación española en Organizaciones Internacionales de Metrología por delegación del CEM, especialmente en el Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia del BIPM, del que es miembro nato.
- Prestar los servicios de calibración y trazabilidad en las áreas de Tiempo y Frecuencia, estableciéndose como inicio de la cadena oficial de calibración en éstas áreas. Proponer y mantener la tabla de precios públicos que han de regir la prestación de estos servicios.
- Asesorar en materia relacionada con la medida, conservación de tiempo, y en particular sobre el material de relojería y cronometría para uso de la Armada. Es responsable de la homologación de los cronómetros y certifica sobre la utilidad de estos a efectos de navegación.
- Conservar, reconocer, clasificar, reparar y estudiar los equipos cronométricos destinados al servicio de la Armada y la reparación y estudio del material cronométrico de los buques mercantes que a tal fin le sea confiado, actuando como Organismo Técnico en el área de relojería y cronometría.

La complejidad y diversidad de estas misiones obligan a mantener un alto grado de intercambio de información y colaboración, dentro y fuera de España, con las diferentes entidades científicas, educativas y empresariales que ejercen su labor en los campos del Tiempo y la Frecuencia.

4.1. Servicio de Hora

4.1.1. Tiempo Universal Coordinado del Real Instituto y Observatorio de la Armada - UTC(ROA)

La escala de tiempo UTC(ROA) que mantiene el Servicio de Hora, se materializa físicamente por un Maser de Hidrógeno activo, convenientemente disciplinado a través de un sintetizador de frecuencia.

Esta escala se basa en el patrón nacional de la unidad básica de tiempo, el segundo del Sistema Internacional de Unidades, que asimismo mantiene este Servicio y del que deriva el patrón nacional de la unidad de frecuencia, también de su responsabilidad.

La escala UTC(ROA) es la base de la Hora Oficial de España. Esta responsabilidad recae en este Centro de conformidad con lo establecido en la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología, en su artículo 4 sobre patrones nacionales y diseminación de las unidades de medida.

El establecimiento de la Hora Oficial se efectúa mediante el Real Decreto 1308/1992 de 23 de octubre (BOE núm. 282) y por el Real Decreto 648/1994 de 15 de abril (BOE núm. 103), en los que se declara al Laboratorio del Real Instituto y Observatorio de la Armada, como laboratorio responsable del mantenimiento y custodia del Patrón Nacional de Tiempo y Frecuencia bajo la supervisión y coordinación del Centro Español de Metrología (CEM). Particularmente, el segundo de los reales decretos dispone literalmente en su artículo único:

Se declaran, a efectos legales, patrones nacionales de medida de las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades, de los que se derivarán todos los demás patrones utilizados en los distintos procesos de medida, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo cuarto de la ley 3/1985, de 18 de marzo, de Metrología, los relacionados en el anexo de este Real Decreto, con las características técnicas en él indicadas.

El punto 3 del Anexo del citado Real Decreto dice:

3.- Patrón Nacional de la Unidad de Tiempo.

El Patrón nacional de Tiempo, conservado, mantenido y custodiado, bajo la supervisión y coordinación del Centro Español de Metrología, por el Laboratorio de la Sección de Hora del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando (ROA), es realizado por medio de un conjunto de osciladores referidos permanentemente a la frecuencia de la transición cuántica del átomo de cesio, establecida en la XIII Conferencia General de Pesas y Medidas (1967) para la definición del segundo.

Está conservado mediante un conjunto de relojes atómicos de cesio con una incertidumbre relativa estimada de 10^{-13} en un tiempo de integración superior a 10^5 s.

Partiendo del Patrón Nacional de Tiempo, el ROA ha creado la Escala de Tiempo Nacional, que tiene por denominación UTC(ROA). La datación de un suceso en la Escala UTC(ROA) se efectúa con una incertidumbre estimada de 10 ns.

La Escala de Tiempo UTC(ROA) está permanentemente contrastada con la Escala de Tiempo Universal Coordinado, UTC, mantenida por el Bureau Internacional de Pesas y Medidas.

Este laboratorio contribuye a la elaboración de la escala de Tiempo Atómico Internacional (TAI) mediante la toma de datos extraídos de las observaciones efectuadas utilizando una estación VSAT en banda Ku, junto a un módem SATRE de ensanchamiento de espectro, siguiendo lo establecido por la recomendación ITU-R

Sección de Hora

TF.1153 para la técnica de transferencia de Tiempo y Frecuencia mediante doble encaminamiento o dos vías (TWSTFT). Este método de transferencia de tiempo se considera de los más exactos entre los disponibles en la actualidad, si bien su característica de estabilidad a corto y medio plazo es peor que la de la transferencia de tiempo mediante técnica PPP (Precise Point Positioning) que aplica a receptores de tiempo de tipo geodésico, de Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS). Actualmente se aprovecha la redundancia de enlaces entre laboratorios para la elaboración del TAI, complementando ambas técnicas, de manera que se toma lo mejor de cada una de ellas.

Los receptores GPS de tiempo han quedado desplazados a un segundo plano, empleándose en la actualidad como enlaces de reserva en lo que respecta a la contribución al TAI.

Desde el 1 de enero a 0h UTC hasta el 15 de marzo a 0h UTC, el valor de DUT1 diseminado con las señales de tiempo fue de +0.2 segundos. Desde esta fecha hasta el 21 de septiembre a 0h UTC, el valor de DUT1 diseminado fue de +0,1 segundos, pasando a ser de 0 segundos desde esta fecha hasta el final del año.

La Sección de Hora distribuye la diferencia de la escala de tiempo UTC(ROA) respecto de la escala de tiempo UTC elaborada en el BIPM. En la figura 4.1 se muestra esta diferencia durante el periodo que abarca esta memoria.

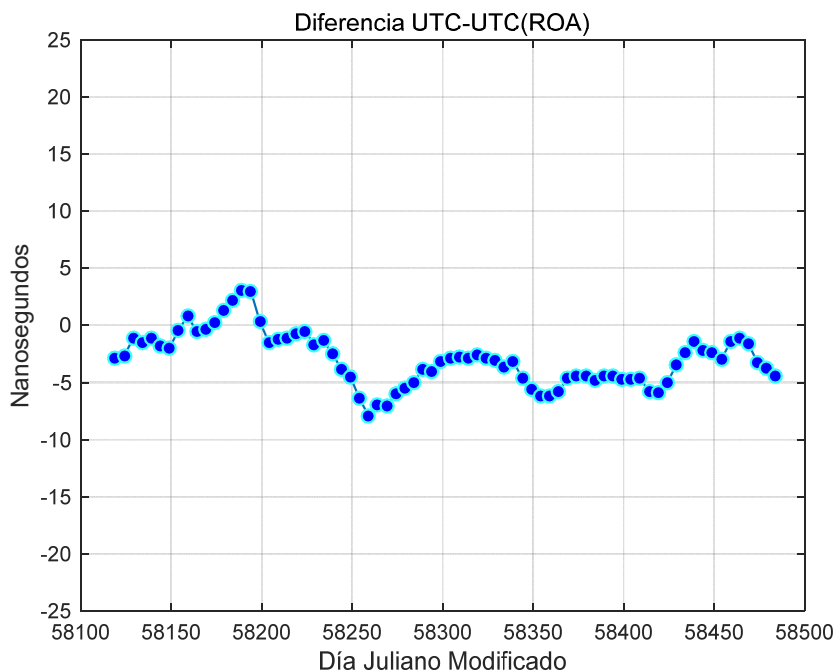


Figura 4.1: Comparación de la escala de tiempo UTC(ROA) en 2018, según datos de la Circular T.

La señal de frecuencia procedente del Maser de Hidrógeno activo, marca SIGMA TAU, Mod. MHM-2010, núm. de serie 0100000236, convenientemente disciplinada a través del Generador Auxiliar de Salida, Mod. AOG-110, núm. de serie 0100000052, materializó físicamente la escala de tiempo UTC(ROA) hasta el 27 de abril, fecha en la que pasa a materializarse con el Maser de Hidrógeno activo, marca SIGMA TAU, Mod. MHM-2010, núm. de serie 0100000332, y el Generador Auxiliar de Salida, Mod. AOG-110, núm. de serie 0100000127, reubicado en el nuevo laboratorio de Hora desde su

inauguración en el 2017. El 14 de junio se efectúa el traslado del MHM-2010 N/S 0100000236 y el AOG-110 N/S 0100000052 a su ubicación definitiva en el nuevo laboratorio.



Figura 4.2: Traslado del máser MHM-2010 núm. de serie 0100000127 al nuevo laboratorio.

El sintetizador de frecuencia AOG-110, ha estado controlado a lo largo del año para aceptar los ajustes de frecuencia calculados para mantener la exactitud de UTC(ROA) dentro de ± 100 ns respecto de UTC, conforme a la recomendación del Comité Consultivo para la Definición del Segundo, (CCDS), en su duodécima Asamblea (1993).

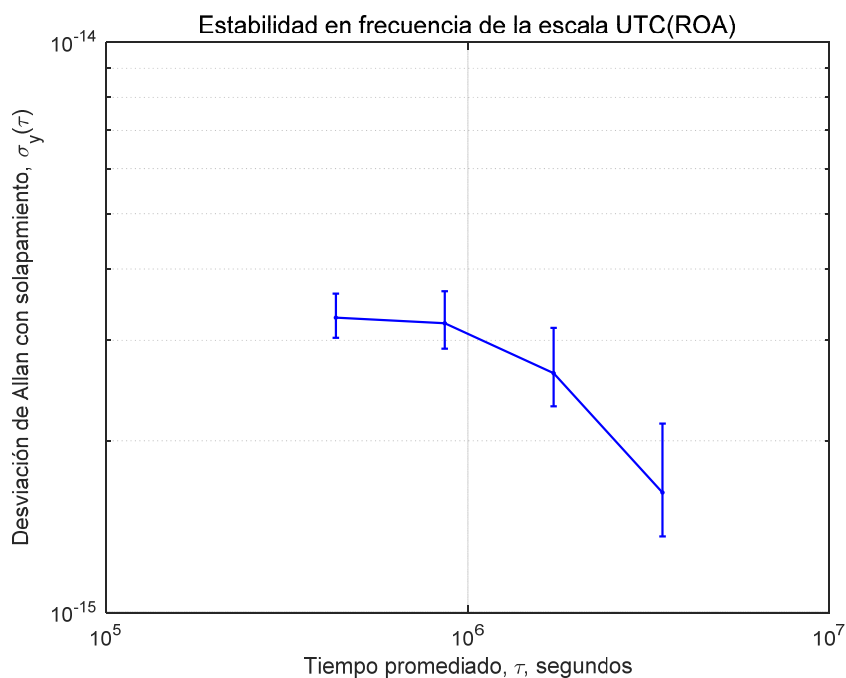


Figura 4.3: Estabilidad en frecuencia de la Escala UTC(ROA).

Sección de Hora

Del estudio de los datos de diferencia entre las Escalas UTC y UTC(ROA), publicados por el BIPM en las Circulares T, puede deducirse la estabilidad en frecuencia y tiempo. En las figuras 4.3 y 4.4 se muestran estos datos expresados, respectivamente, en términos de la Desviación de Allan y de la Desviación en el Tiempo, en función del tiempo de muestreo en segundos.

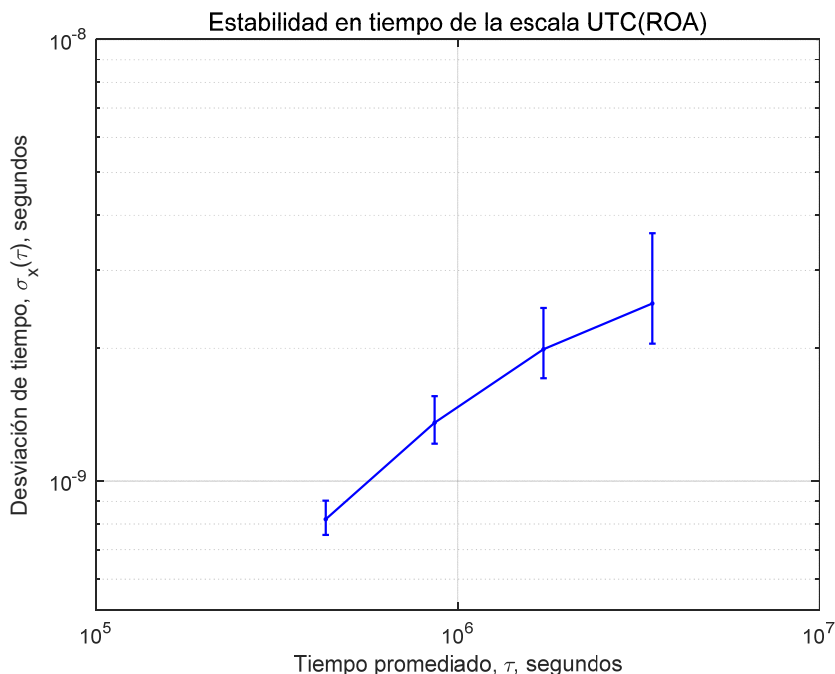


Figura 4.4: Estabilidad en tiempo de la Escala UTC(ROA).

Como se aprecia en ambas figuras, para un periodo de integración de cinco días, la estabilidad en frecuencia ofrece un valor de $3,63 \pm 0,85 \times 10^{-15}$ ($k = 2$), en tanto que la estabilidad en tiempo es de $0,89 \pm 0,21 \times 10^{-9}$ ($k = 2$).

La labor que habitualmente desempeña la Sección de Hora, continúa siendo supervisada por el CEM conforme a lo establecido por el R.D. 1308/1992 de 23 de octubre, posteriormente desarrollado por la Comisión de Laboratorios Asociados al CEM (CLA-CEM), y plasmado en el documento de "Reconocimiento, Designación y Seguimiento de Laboratorios Asociados y Laboratorios colaboradores del CEM", aprobado en el plenario del Consejo Superior de Metrología del 24 de septiembre de 2009. En la actualidad permanece en vigor la revisión 06, del 23 de noviembre de 2016, desglosada y dedicada expresamente a laboratorios asociados. El R.D. 244/2016, de 3 de junio, por el que se desarrolla la nueva Ley de Metrología, en vigor desde el 8 de junio, establece entre otros aspectos la manera en que se organiza la metrología en España, indicando los criterios de designación, las misiones y responsabilidades de los laboratorios asociados entre los que se encuentra el Observatorio.

La Comisión de Laboratorios Asociados al CEM está constituida, además del ROA, por otras cinco instituciones con amplia tradición metrológica y experiencia en determinadas magnitudes, y que por razones de especialización científica y técnica son designados por real decreto del Consejo de Ministros como tales y como depositarios de patrones nacionales de las unidades de ciertas magnitudes, complementando la labor del propio CEM. En concreto, estas instituciones desarrollan y mantienen los patrones de la unidad básica de intensidad luminosa y de flujo

luminoso (Laboratorio de Fotometría y Radiometría del Instituto de Óptica “Daza de Valdés”, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)), de la humedad, potencia, ruido, atenuación e impedancia en alta frecuencia (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “Esteban Terradas” (INTA)), de la unidad derivada de intervalo de alta tensión eléctrica (>1000 V) (Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia (LCOE)), de la actividad (de un radionucleido), de la exposición (rayos X y γ), del kerma y la dosis absorbida (Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes (LMRI) del CIEMAT) y de la concentración de ozono en aire (Instituto de Salud Carlos III).

A este respecto hay que reseñar la visita de seguimiento que el TN. ING. Juan Manuel González realiza en el mes de octubre al Instituto de Salud Carlos III, dentro del turno anual de visitas establecido por la Comisión de Laboratorios Asociados al CEM, al objeto de verificar el sistema de gestión de la calidad en el ámbito de su actividad metrológica. Del mismo modo, también se verifica el sistema de calidad de la Sección de Hora, durante la visita de seguimiento realizada a finales del mes de noviembre, y que fue llevada a cabo por el Dr. Javier Díaz de Aguilar, Jefe del área de Electricidad y Energía del Centro Español de Metrología, y por el Dr. Tomás Vicente Mussons, Jefe del Laboratorio de Temperatura y Humedad del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, así como la auditoría interna realizada a finales de diciembre al Laboratorio de Hora del Observatorio.

El ROA continúa tomando parte activa en los diferentes Grupos de Trabajo del Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia asociados al mantenimiento del Tiempo Atómico Internacional (WG on TAI: Algorithms) y de Sistemas de Transferencia de Tiempo (WG on TWSTFT), formando parte del Subgrupo de Trabajo TWSTFT/T2L2, creado para trabajar conjuntamente en un proyecto científico que consistirá en comparar relojes basados en Tierra a distancia, mediante técnicas láser y microondas (TWSTFT). También forma parte del grupo de trabajo WG on GNSS TT, constituido para asesorar al Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia (CCTF) sobre el estado del arte en sistemas de transferencia de tiempo y frecuencia GNSS, y realizar las recomendaciones relativas a la calibración de estos sistemas, al procesamiento de datos, a las señales disponibles y a los últimos avances científicos y tecnológicos en este campo.

Desde mediados del año 2010, y hasta finales de 2012, la Sección de Hora tomó parte del Proyecto “Time Validation Facility” (TVF V2), destinado a validar el comportamiento de los relojes del sistema Galileo y de su escala de tiempo (GST), y actuar como proveedor de servicio de tiempo provisional, proporcionando al Centro de Control Galileo (PTF) la predicción UTC-GST y el disciplinado necesario en frecuencia para mantener la diferencia entre ambas escalas en los límites que se han especificado. Esta contribución, que fue enmarcada dentro de las operaciones de la misión GIOVE/TGVF (Time Geodetic Validation Facility), dio paso a la fase de despliegue completo de la capacidad operativa Galileo (Galileo FOC), donde el subsistema TVF realizó prácticamente la misma tarea, aunque con mayores exigencias que hasta entonces: Apoyo a la provisión de servicio temprano y a los servicios operativos iniciales, y validación del servicio de tiempo y de productos para usuarios externos. Las operaciones TGVF finalizaron en enero de 2018, dando paso a la fase actual de explotación del sistema como parte del operador del Servicio Galileo, encargado de operar y mantener el sistema Galileo (segmentos de tierra y espacio), bajo una relación contractual con la Agencia GNSS Europea (GSOp–GSA).

GSOp-GSA está liderado por la empresa Spaceopal, quien firmó un contrato marco con INRiM, Thales Alenia Space France para el desarrollo y apoyo del “Proveedor de Servicios de Tiempo Galileo”, en el que ha quedado integrado el ROA, por lo que queda asegurada su participación en este trascendental proyecto hasta finales del 2025.

En 2016, la Agencia de Navegación Global y Sistemas Satélites (GSA) publica la convocatoria GSA/GRANT/04/2016, encaminada a establecer relaciones de largo plazo entre los Estados Miembros (MS) y el Centro de Referencia Galileo (GRC), al objeto de monitorizar y evaluar las prestaciones de los servicios Galileo, y mejorar su rendimiento. La subvención se financiará en base a los presupuestos de la Unión Europea (UE) y tendrá una duración de 4 años.

El 25 de abril, el Centro de Estudios Aeroespaciales francés (CNES) y una amplia mayoría de los estados miembros de la UE que conforman el consorcio GRC-MS (Member States), entre ellos España a través del ROA y del Instituto Geográfico Nacional (IGN), después de diversas propuestas del consorcio y clarificaciones a éstas solicitadas por la GSA, se acepta la propuesta definitiva conjunta para atender la convocatoria considerada. Este proyecto, de ámbito europeo, se enmarca dentro de las actividades científicas propias de la Sección de Hora de este Centro.

El 21 de agosto se firma la primera ayuda específica (SG#1) entre la GSA y CNES con una duración de 1 año. Desde octubre, el ROA participa en dos paquetes de trabajo (WP) relacionados con el tiempo, proporcionando datos y análisis de estos, conforme a los WP1.1 “Reference Stations” y WP3.3 “Open Service Time Performance” respectivamente.

La participación del ROA en este proyecto se considera de gran interés pues está permitiendo la estrecha colaboración con los principales centros europeos en el campo del tiempo y la frecuencia, facilitando el intercambio de información y experiencias con dichos centros.

En este mismo orden de cosas, desde el 24 de agosto de 2016 el ROA participa en otro consorcio, liderado también por CNES, en el marco de EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System), denominado EGNOS Service Performance Monitoring Support (SPMS), para atender la segunda llamada (SG#2) de la GSA con una duración dos años. Desde el 10 de noviembre, fecha en la que expiró la SG#2, se continúa participando en este foro mediante la renovación de la ayuda específica (SG#3) que seguirá en vigor hasta noviembre de 2020.

La contribución del ROA en el consorcio SPMS creado para atender esta convocatoria consiste en la monitorización del servicio de tiempo EGNOS en la zona sur-oeste de Europa (ver figura 4.5) para Open Service (OS) y Safety of Life (SoL), para lo cual se aportan datos dentro del WP 1.1 “EGNOS Navigation Performance”.

Por otra parte, a lo largo de todo el año se ha venido participando regularmente en la generación de “UTC rápida” (UTC_r). Esta solución permite acceder semanalmente a una estima de UTC a través de la diferencia respecto de la escala del laboratorio participante (UTC(k)) a las 0h UTC de cada día, facilitando la monitorización del comportamiento de la realización local de UTC (UTC(k))

Sección de Hora

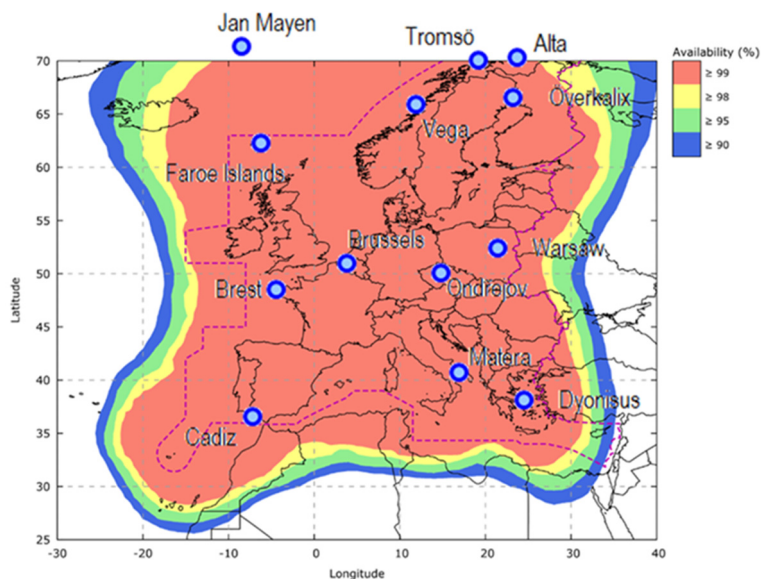


Figura 4.5: Cobertura del servicio con la inclusión de la estación ROA al consorcio SPMS EGNOS

La figura 4.6 muestra los resultados de la comparación de UTC(ROA) con UTCr, que a diferencia de la comparación con UTC, está disponible en un tiempo diferido menor (cada miércoles se publican los datos semanales de lunes hasta el domingo anterior) y proporciona una estima con una periodicidad de un día.

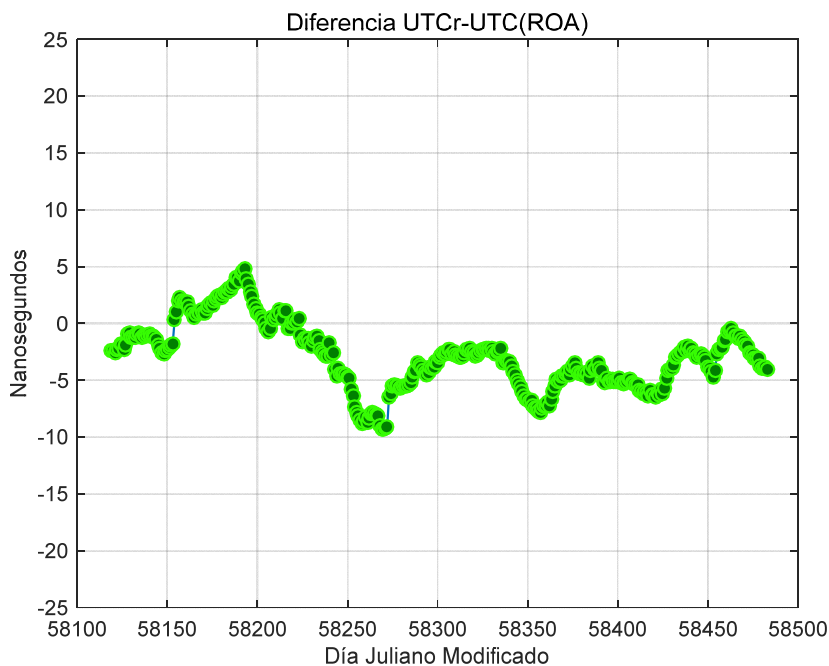


Figura 4.6: Escala de tiempo UTC(ROA) referida a UTCr. Datos proporcionados por el BIPM (<ftp://tai.bipm.org/UTCr/Results/>).

En la actualidad, alrededor de 48 laboratorios, de entre los 75 que regularmente contribuyen en la realización de UTC, participan en este proyecto facilitando datos a diario. La característica de calidad de esta escala alcanza los valores a priori esperados: la desviación de UTCr respecto de UTC se mantiene ahora por debajo de 2 ns. Durante todo el año y de forma ininterrumpida, el BIPM publica la escala UTCr

como producto oficial propio. No obstante lo anterior, únicamente la Circular T proporciona trazabilidad formal a UTC

4.1.2. Establecimiento de enlaces de tiempo

Transferencia de tiempo a través de satélite geostacionario mediante doble vía.

El sistema de transferencia de tiempo de dos vías utilizando satélites de comunicaciones geostacionarios (TWSTFT) permite alcanzar niveles de precisión de algunos centenares de picosegundos.

Durante todo el año se han mantenido las mismas frecuencias del enlace europeo, 14260,15 MHz (Tx.) y 10960,15 MHz (Rx.), y las del enlace transoceánico, 14046,59 MHz (Tx.) y 11489,06 MHz (Rx.).

Durante el mes de abril se realiza el traslado de las dos estaciones del viejo al nuevo laboratorio. El proceso se realiza de forma paulatina. El 10 de abril se traslada la estación 2, constituida por el modem SATRE núm. de serie 426, transceptor en banda Ku extendida y antena Prodeline de 2.4 m, tras lo cual se efectúa un alineamiento con la estación 1 (modem SATRE núm. de serie 448 y restantes elementos de las mismas características que los de la estación 2), utilizando como estación de apoyo al laboratorio de tiempo alemán PTB. Este mismo proceso se repite el 27 abril con la estación 1, coincidiendo con el traslado de la escala UTC(ROA) al nuevo laboratorio. En la figura 4.7 se muestra la ubicación definitiva de las antenas en la azotea del nuevo laboratorio.



Figura 4.7: Antenas de la estación 1 (izqda.) y estación 2 (dcha.) del sistema TWSTFT, en la azotea del nuevo laboratorio.

Actualmente, la transferencia de tiempo de dos vías constituye el enlace principal para llevar a cabo las comparaciones entre relojes con otros laboratorios internacionales participantes en el cálculo del TAI. De este modo, el Observatorio continúa formando parte del reducido grupo de laboratorios (actualmente 12) que emplean esta técnica en el escenario internacional. En la figura 4.8 se muestran los resultados de la intercomparación TWSTFT con los principales laboratorios europeos y norteamericanos.

Un factor limitante de este sistema, es la componente de ruido diurno presente en este tipo de enlaces, con variaciones pico a pico que pueden llegar hasta los 2 ns. El origen de este efecto es incierto, pudiendo estar originado por el equipo en tierra, el transpondedor del satélite, o por el propio movimiento del satélite, pero hasta ahora no se ha llegado a una conclusión definitiva al respecto.

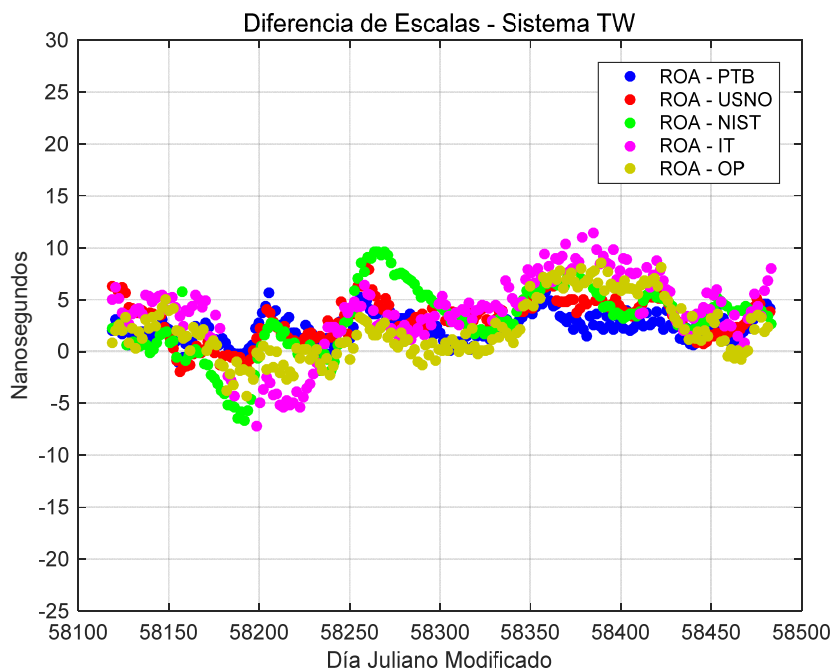


Figura 4.8: Intercomparación de la escala UTC(ROA) con los principales laboratorios europeos y norteamericanos mediante TWSTFT utilizando el satélite TELSTAR 11N.

En 2015, se demostró que varios enlaces entre estaciones que operan en Asia, reducían considerablemente el efecto diurno y también el ruido en la medición, gracias al uso de receptores de Software-Defined Radio (SDR) acoplados a la recepción del modem TWSTFT. En 2016, el BIPM y el grupo de trabajo del Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia sobre TWSTFT (CCTF WG on TWSTFT), pusieron en marcha un estudio piloto sobre la aplicación de receptores SDR en la red UTC TWSTFT.

Los primeros resultados obtenidos fueron incluidos en el estudio piloto, que concluyó que los receptores SDR muestran un rendimiento superior o al menos similar en comparación con las mediciones de los Modem SATRE para todos los enlaces. De hecho, para los enlaces continentales donde los efectos diurnos son de mayor entidad, el SDR TWSTFT demuestra una reducción del ruido de entre el 50% y el 70%. Este porcentaje es del 35% para los enlaces intercontinentales de larga base, como es el caso del enlace Europa-EE.UU.

Desde 2017 el ROA dispone de un sistema SDR acoplado a su estación principal, que en breve constituirá el enlace primario de tiempo y frecuencia del laboratorio. Dados los buenos resultados alcanzados con este sistema, en septiembre se puso en marcha la adquisición de un segundo receptor, que se recibió a finales de año. Al final del año, el ROA disponía de dos sistemas SDR plenamente operativos, facilitándole el poder llevar a cabo estudios relativos a los efectos de las condiciones ambientales sobre este sistema de transferencia, o sobre las perturbaciones generadas por el resto de estaciones participantes.

El enlace se lleva a cabo por comparaciones con la estación de transferencia de tiempo del Physikalisch - Technische Bundesanstalt (PTB), seleccionada como “pivote” por el BIPM, a través del satélite de comunicaciones TELSTAR 11N. Este enlace fue recalibrado en primavera de 2016, mediante una estación móvil de sus mismas características. Durante el año, el ROA ha estado coordinando una nueva calibración, a realizar durante la primavera de 2019. Estas calibraciones han permitido mantener la incertidumbre tipo B en un valor en el entorno de 1 nanosegundo, cinco veces inferior a la que tradicionalmente estuvo en vigor.

Esto supone que los relojes del Observatorio siguen contribuyendo en la misma medida en la realización de UTC, viéndose consolidadas al mismo tiempo las Capacidades de Medida y Calibración (CMC), y consecuentemente la calidad de los servicios de calibración que lleva a cabo como Laboratorio de Referencia Nacional.

En definitiva, se sigue formando parte del reducido grupo de laboratorios (actualmente 8), con una incertidumbre del orden de 1,5 ns. Los restantes laboratorios son el pivote (el PTB alemán), USNO (EE.UU.) y otros cuatro laboratorios europeos, tres de los cuales lo han logrado junto al PTB gracias a las campañas de calibración lideradas por el ROA.

Global Positioning System (GPS).

Las redes internacionales para la comparación de escalas de tiempo se basan en la utilización de diferentes técnicas de transferencia. Entre éstas siguen destacando por su precisión, universalidad y bajo coste las técnicas de transferencia basadas en el sistema GPS, y de entre ellas la técnica PPP, empleada como enlace de tiempo para el cálculo del TAI (TAIPPP). Se emplea asimismo el método de todos a la vista P3 (P3-AV), si bien muestra peores prestaciones metrológicas y ocupa un lugar menos destacado.

El método PPP se basa en la combinación de código y fase de las frecuencias de portadora GPS. Con dicho método se modelan diversas fuentes de error como son el retardo troposférico, variación de la superficie de la Tierra por efecto de la marea terrestre y carga oceánica, diagramas de variación del centro de fase de la antena, presión de radiación solar, etc., mientras que el retardo ionosférico se elimina mediante la combinación apropiada de las fases de las frecuencias de portadora.

La comparación de escalas de tiempo de diferentes laboratorios utilizando la técnica PPP, al igual que con el método de todos a la vista P3 (P3-AV), se beneficia del hecho de que todos los satélites GPS comparten una escala de tiempo de referencia común. Esto permite transferencias de tiempo sobre líneas de base mucho más largas que las alcanzadas con el clásico enlace de vista común (CV), al no ser necesario que las dos estaciones de tierra involucradas en la transferencia de tiempo reciban simultáneamente la señal procedente de un mismo satélite.

El método PPP presenta una muy buena característica de estabilidad a corto y medio plazo, lo que le ha llevado a ser utilizado junto a la técnica de TWSTFT en aquellos laboratorios que disponen de ambas capacidades. Los métodos de transferencia de tiempo basados en GPS: PPP y P3-AV, son de los más exactos, por lo que se han empleado como enlaces de reserva en todos aquellos laboratorios que disponen de los medios para un enlace TWSTFT, tal es el caso del laboratorio del ROA; permaneciendo, por otra parte, como enlaces principales para los restantes laboratorios de Tiempo participantes en la elaboración de la escala de tiempo UTC.

Sección de Hora

El receptor GPS multicanal modelo GTR50 de DICOM, n/s 0601012, con capacidad para trabajar con código y fase de portadora de las señales L1 y L2, es uno de los receptores GPS utilizados tradicionalmente para transferir tiempo preciso a otros laboratorios de ámbito internacional, y proporciona trazabilidad en tiempo y/o frecuencia a los laboratorios de ámbito nacional.

La Sección cuenta además con otros cinco receptores geodésicos de la misma familia:

- i. El receptor GPS multicanal modelo PolaRx2, n/s 1225 de Septentrio Satellite Navigation, de propósito general y capacidad para trabajar con código y fase de portadora de las señales L1 y L2.
- ii. El receptor PolaRx3eTR de Septentrio, n/s S9000175205, con recepción L1, L2, GPS/GLONASS (configurable a GPS/GALILEO E1, E5), con capacidad para trabajar también en L2C y de seguir simultáneamente hasta 29 canales. Dicho PolaRx3eTR, por su característica de estabilidad a medio y largo plazo, es considerado actualmente el enlace alternativo en la elaboración del TAI.
- iii. Dos PolaRx4TR PRO, n/s 3102288 y 3102314, de idénticas características, que disponen de 264 canales hardware, y que asignan automáticamente a todos los satélites a la vista. Tienen capacidad para trabajar con código y fase de portadora de las señales Beidou L1/E2/E5b, GPS L1/L2/L2C/L5, GLONASS L1/L2 y Galileo E1/E5a/E5b/E5 AltBOC.
- iv. Un PolaRx5TR PRO, n/s 4701187, que dispone de 544 canales hardware, y que asigna automáticamente a todos los satélites a la vista. Tiene capacidad para trabajar con código y fase de portadora de las señales Beidou L1/E2/E5b, GPS L1/L2/L2C/L5, GLONASS L1/L2, Galileo E1/ E5a/E5b/E5 AltBOC/E6, SBAS L1/L5, IRNSS L5, y QZSS L1/ L2/L5.

El 24 de abril, y debido al traslado de todo el equipamiento al nuevo laboratorio, se crea una nueva estación IGS (International GNSS Service), con denominación ROAG, ubicada en el punto más alto del nuevo edificio. La estación está constituida por el receptor PolaRx5TR y una antena Leica AR25 Chocke Ring, soportada sobre un mástil de cemento (Fig. 4.9), integrado en la cimentación original del edificio. Asimismo, la estación IGS con denominación ROAP, operativa desde noviembre de 2006 en las proximidades del antiguo laboratorio, deja de prestar servicio y es dada de baja.



Figura 4.9: Estación IGS con denominación ROAG.

El Servicio Público Regulado (PRS) del sistema de posicionamiento Galileo proporciona posición y tiempo, y su uso está restringido a usuarios autorizados por los gobiernos y para las aplicaciones sensibles que requieren una gran continuidad de servicio. Está encriptado y diseñado para ser más robusto, con mecanismos anti-interferencias y detección de problemas de seguridad. El PRS es una de las características más importantes del sistema Galileo, que proporciona un valor añadido en comparación con otros sistemas de navegación por satélite.

Durante los días 3 y 4 de octubre, tuvo lugar en el ROA el curso de formación de operación y mantenimiento del receptor Galileo PRS, que se enmarca en el expediente de Servicios de la Plataforma de Pruebas de la señal PRS (PLATRS) de la DGAM, dentro de las actuaciones que lleva a cabo el Ministerio de Defensa en relación con el servicio PRS Galileo. Entre estas se encuentran los Proyectos Pilotos (PP) PRS, en uno de los cuales ha participado el Observatorio (PP ROA PRS-1), constatando las características metrológicas de la señal de tiempo generada por el receptor PRS respecto de la escala de tiempo UTC(ROA).

El curso iba dirigido a usuarios potenciales que requieran del uso de la señal PRS para posicionamiento y tiempo preciso, como es el caso del IHM y ROA. Dos ingenieros de telecomunicaciones y un informático de las empresas GMV y TECNOBIT respectivamente, fueron los encargados de la formación del personal en la operación y mantenimiento del receptor PRESENCE y de la plataforma PRS, en el análisis de los resultados obtenidos y en el manejo y operación de herramientas de encriptación de la señal.

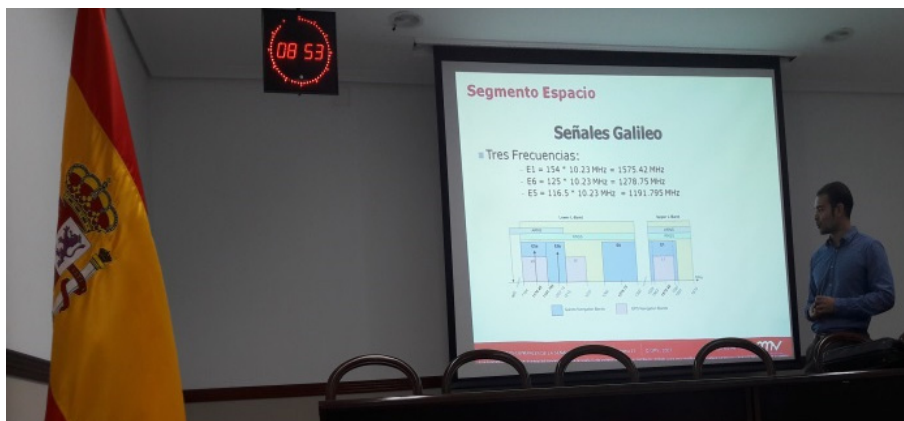


Figura 4.10: Momento de la exposición efectuada por uno de los ponentes.

Durante todo el año se ha colaborado con el laboratorio nacional de tiempo y frecuencia italiano, INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica), y con el grupo empresarial tecnológico GMV, en el proyecto MagicGNSS para soluciones de red ODTs (Determinación de Órbita y Tiempo Preciso) en tiempo casi real, orientado a crear una alternativa a las técnicas habituales de transferencia de tiempo basadas en Sistemas de Satélites de Navegación Global. Como resultado de esta colaboración, el Observatorio tiene acceso a la herramienta MagicGNSS, y a la comparación precisa de tiempo con los principales laboratorios europeos y USNO en tiempo cuasi real.

Esta herramienta permite a los usuarios efectuar un amplio número de cálculos y análisis relacionados con la constelación GNSS. Los dos principales algoritmos disponibles son el ODTs, y el PPP antes descrito. ODTs es una solución de red que requiere un conjunto de estaciones distribuidas por Tierra. Las ventajas de una

solución de red (ODTS), respecto de la PPP, son que las estimas de cada estación pueden beneficiarse de las medidas de todas las estaciones, resultando en principio más robusto y preciso. Más aún, con ODTS, la comparación de cada reloj con respecto a la estación del master clock es directa, sin intervención de una escala de tiempo intermedia, y con latencias muy pequeñas (media hora o menor), al no requerirse productos externos tales como los de órbita precisa o los de reloj.

En la figura 4.11 se muestran las desviaciones de la referencia con respecto a la escala GPS generada por los receptores multicanal. La referencia empleada en todos los casos fue UTC(ROA).

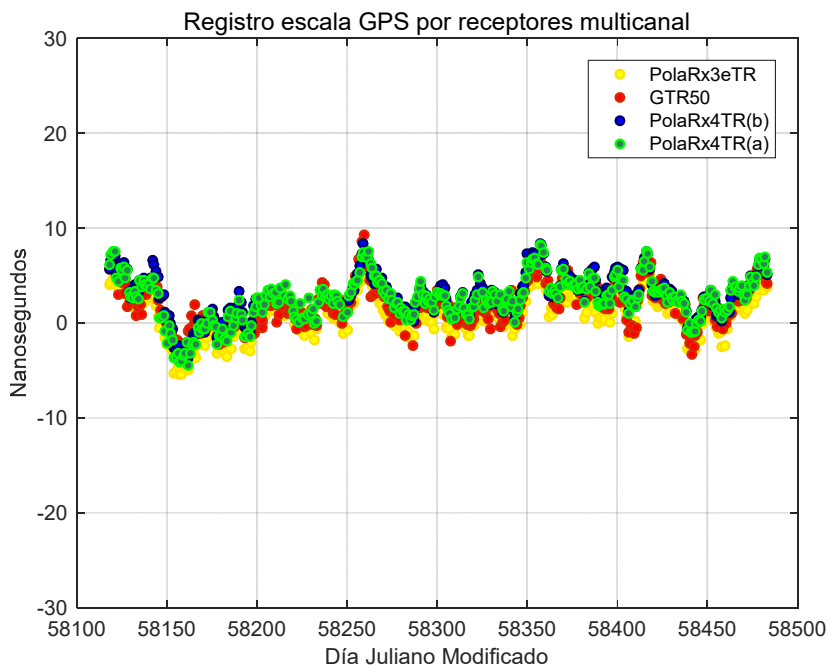


Figura 4.11: Comparación de la salida de tiempo de receptores GPS multicanal durante el año 2018.

Durante el mes de diciembre se realiza una campaña de calibración de los sistemas GPS, liderada por el BIPM (Cal_Id=1001-2018), en la que participan los tres laboratorios europeos del Grupo 1: OP, PTB y ROA. La incertidumbre tipo B estimada para este tipo de calibraciones se encuentra en el entorno de los 2 nanosegundos. Los resultados de la calibración del BIPM serán implementados el próximo año, una vez reducidos y contrastados los resultados. En la figura 4.12 se muestra el sistema calibrador viajero del BIPM, compuesto por dos sistemas GNSS independientes.



Figura 4.12: Calibrador GPS viajero del BIPM, durante la calibración en el ROA en diciembre de 2018.

Diseminación de tiempo vía conexión telefónica.

La Sección de Hora ha utilizado su sistema de diseminación de tiempo por vía telefónica, elaborado en la Universidad Técnica de Graz, Austria, conectado a una línea telefónica de la red de la Armada, para posibilitar el uso de este servicio a nivel nacional e internacional. El número asignado es el 956 599 429 y el programa de comunicaciones que permite sincronizar un ordenador de tipo PC, está disponible en la URL: ftp://ftp.roa.es/pub/hora/hora_roa.zip.

El ROA viene ofreciendo este servicio gratuito de sincronismo mediante conexión telefónica que permite que cualquier ordenador dotado de módem telefónico pueda sincronizarse a la Hora Legal Española, con una precisión de algunos milisegundos.

El formato de línea de código suministrado permite al usuario conocer, además de la fecha y hora, el aviso de cambios de horarios de invierno a verano y viceversa, el Tiempo Universal Coordinado, la corrección DUT1, la fecha juliana modificada y el avance del pulso de sincronismo.

Sincronización de redes de ordenadores.

Se ha mantenido la sincronización de la red local del ROA en un orden inferior al milisegundo.

Se mantiene un servicio de sincronismo NTP (*Network Time Protocol*) abierto al público, basado en sistemas de sincronización GPS instalados en sendos ordenadores en el Real Instituto y Observatorio de la Armada: hora.roa.es y minuto.roa.es. En la actualidad, el servicio atiende aproximadamente a setenta millones de peticiones de sincronismo diarias.

Durante todo el año se mantiene un servicio de sincronismo, basado en protocolo NTP, atendiendo las necesidades de sincronismo del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Este servicio, establecido en marzo de 2005 al objeto de cubrir algunas de las necesidades para el establecimiento del Servicio de Sincronismo que recoge la Orden de la Presidencia 1551/2003, sobre las relaciones de la Administración con los ciudadanos, consta de tres estaciones de sincronismo. Cada una de las estaciones, ubicadas en el Centro Corporativo de Explotación y Apoyo (CCEA), en el Centro de Proceso de Datos de la Administración Pública, del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, y en el Real Instituto y Observatorio de la

Armada, están constituidas fundamentalmente por dos servidores de tiempo basados en protocolo NTP y un sistema de alimentación ininterrumpida. Con este servicio, además de facilitarse la difusión horaria en la Intranet Administrativa, se cubren las necesidades de sincronismo de la Intranet de Defensa.

Como consecuencia del acuerdo de colaboración suscrito con el Colegio de Registradores de la Propiedad y Mercantiles de España en enero de 2003, por el que se establecen los términos y condiciones de un proyecto de investigación entre esta Institución y el Real Instituto y Observatorio de la Armada para dotar al conjunto de registros de una referencia temporal “exacta” ($\pm 0,5$ segundos) y común para la Red Telemática Registral, se continúa proporcionando un servicio de sincronismo mediante línea punto a punto, a partir de un servidor de tiempo basado en protocolo NTP.

En el ámbito del convenio de colaboración suscrito en diciembre de 2006 entre el Ministerio de Defensa (ROA) y la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre – Real Casa de la Moneda (FNMT – RCM), para el establecimiento de un servicio de certificación de fecha y hora mediante la sincronización, durante todo el año se ha venido prestando de manera continuada el citado servicio. Un servicio de similares características se ha venido prestando al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en virtud del protocolo de actuación suscrito en julio de 2007 con el entonces Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (en la actualidad Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente), y a Vodafone España, en virtud de un convenio marco suscrito en mayo de 2009.

4.2. Servicio de Electrónica y Calibración

Como consecuencia del establecimiento, mantenimiento y difusión del Patrón Nacional de Tiempo y Frecuencia y, en el marco del acuerdo con el antiguo Servicio de Calibración Industrial (cuyas funciones son actualmente asumidas por ENAC), el Laboratorio de la Sección de Hora continuó ejerciendo sus funciones como Laboratorio Patrón de Referencia en la cadena de calibración.

Como resultado de su actividad como Laboratorio de Referencia, se efectuaron en laboratorio las calibraciones y emisión de los certificados de:

- 1 Sistema de T/F basado en rubidio disciplinado a GPS DATUM SYSTEM 2000 – Cassidian Air Systems (ROA-005/18).
- 1 Sistema de T/F basado en rubidio disciplinado a GPS PENDULUM GPS 12R/170 – AFC Ingenieros (ROA-006/18).
- 1 Sistema de T/F basado en rubidio disciplinado a GPS TimeTech REFGEN-Rb – DEKRA Testing and Certification (ROA-007/18).
- 1 Receptor GPS Hewlett-Packard Z3805A – ROHDE & SCHWARZ (ROA-012/18).
- 31 Receptores GPS GlobalSat MR-350PS4(5 Hz) – TRADESEGUR, S. A. (ROA-014/18 al ROA 045/18).
- 3 Cámaras de fotorrojo con fecha de fotogramas y GPS DIVACAM – SICE, S. A. (ROA-050/18 al ROA-052/18).
- 1 Sistema de T/F basado en rubidio disciplinado a GPS FLUKE 910R – LOMG (ROA-053/18).
- 1 Sistema de T/F basado en cuarzo disciplinado a GPS FLUKE 910 – ASSI Sistemas e Instrumentación, S. L. (ROA-054/18).
- 1 Sistema de T/F basado en rubidio disciplinado a GPS FLUKE 910R – TRESICAL Ibérica de Calibración, S. L. (ROA-055/18).

- 1 Contador de segundos digital P157B – BD MEDICAL (ROA-061/18).

Además de lo anterior, se continuaron efectuando calibraciones a distancia, haciendo uso de la técnica de vista común (CV), con las consecuentes ventajas que de ello se derivan ya que los patrones fueron calibrados sin interrumpir su actividad en el laboratorio, y sin suponer una carga de trabajo relevante para el personal a cargo del equipo.

Las calibraciones mediante esta técnica, y los certificados emitidos, fueron:

- 1 Sistema de tiempo y frecuencia Symmetricom XLi (R05747) – TELEFÓNICA DE ESPAÑA SAU (ROA-002/18, ROA-011/18, ROA-047/18 y ROA-058/18).
- 1 Sistema de tiempo y frecuencia Symmetricom XLi (Q69929) – TELEFÓNICA DE ESPAÑA SAU (ROA-003/18, ROA-010/18, ROA-048/18 y ROA-057/18).
- 1 Patrón de rubidio disciplinado a GPS Symmetricom 8040C (C015445) – ROHDE & SCHWARZ (ROA-004/18, ROA-009/18, ROA-046/18 y ROA-059/18).

Además de estos, sistemáticamente se mantiene el enlace con otros laboratorios nacionales:

- **Centro Español de Metrología (CEM).**
El enlace con el área de longitud del CEM permite mantener la monitorización del subsistema de frecuencia empleado en la realización práctica del metro mediante láser de pulsos de femtosegundos y tecnología de peine de frecuencias.

En el ámbito de la Comisión Técnica Asesora de Metrología y Calibración de la Defensa (CTAMCD), como Laboratorio del Nivel de Referencia, se llevaron a cabo tareas de calibración, con emisión de certificado en su caso, en apoyo de los siguientes centros:

- **Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “ESTEBAN TERRADAS”.**
1 Sistema de T/F basado en rubidio disciplinado a GPS FLUKE 910R (ROA-001/18).
1 Patrón de Cesio Hewlett Packard 5071A-001 (ROA-013/18, mediante la técnica CV).
- **Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “Marañosa”.**
1 Patrón de rubidio disciplinado a GPS Pendulum-Symmetricom GPS12R-8040C (ROA-008/18, mediante la técnica CV).
- **Centro Logístico de Transmisiones (CLOTRA).**
1 Patrón de Cesio Agilent 5071A (ROA-049/18, mediante la técnica CV).
- **Flotilla de aeronaves**
2 Patrones de Rubidio 8040 (ROA-056/18 y ROA-060/18).

Asimismo, se sigue proporcionando apoyo técnico al Laboratorio Central de Metrología y Calibración de la Armada, mediante el préstamo de un sistema de tiempo y frecuencia disciplinado a GPS, TimeTech, previamente calibrado en el ROA.

Sección de Hora

En el marco de la Metrología Legal, se han continuado las colaboraciones con el CEM, que conforme a lo previsto en la Ley de Metrología (Ley 3/1985, de 18 de marzo), tiene la responsabilidad nacional en dicha área.

El CEM está integrado en la Asociación Metroológica Europea (EURAMET), a la que pertenecen un total de 37 países europeos, además de la propia Comisión Europea. Dentro de esta organización, como Instituto Designado (DI), este Real Instituto y Observatorio de la Armada ejerce la representación de la metrología española en el campo del Tiempo y de la Frecuencia.

El CN. Don Francisco Javier Galindo Mendoza, deja de ser el experto designado por España en el Comité Técnico de Tiempo y Frecuencia (TC-TF) de EURAMET el 15 de enero, supliéndole en dicha responsabilidad el CF. Don Héctor Esteban Pinillos, que asimismo pasa a coordinar el proyecto 1156 de EURAMET.

Durante los días 7 y 8 de marzo, se celebra en el IPQ (Instituto Português da Qualidade, Lisboa) la reunión anual del TC-TF de EURAMET. Asisten veintidós científicos de los principales laboratorios europeos que tienen como misión, al igual que el ROA, mantener y difundir la escala de tiempo de sus respectivos países. La Oficina Internacional de Pesas y Medidas fue representada por su máxima autoridad en el área, la Directora del Departamento de Tiempo Dra. Patrizia Tavella.

Durante la reunión se analizaron los resultados de los proyectos de cooperación en curso, entre los que se encuentra la calibración de enlaces de tiempo mediante los sistemas de navegación global por satélite GNSS. El CF. Esteban, director de las últimas campañas llevadas a cabo en el seno de este proyecto, presenta el informe de avance del mencionado proyecto: "Project 1156. EURAMET G1G2 calibration organized by ROA".

Durante la reunión se felicita a los tres laboratorios europeos del Grupo 1 (OP, PTB y ROA) por el gran esfuerzo realizado, y se les conmina a seguir realizando nuevas campañas de calibración, dado el elevado número de laboratorios del Grupo 2 pendientes de calibración.

Asimismo, se mostraron y discutieron diferentes proyectos europeos externos a EURAMET y de interés para el comité técnico (entre los que merece especial mención el referente a la "Regulación Financiera Europea y la Trazabilidad en Tiempo"), el estado actual de otros proyectos de cooperación del propio comité técnico (a destacar entre estos el referente a la "Preparación de la guía EURAMET para la evaluación de laboratorios de calibración usando señales GPS para trazabilidad de tiempo y frecuencia", la "Transferencia de Tiempo usando enlaces de Fibra Óptica", la "Monitorización del comportamiento de receptores GNSS", o el "Estudio piloto de comparación de Intervalo de Tiempo"). Asimismo, en referencia al Programa de Metrología Europeo para la Innovación e Investigación (EMPIR), se presentaron los avances en relación con las nuevas estrategias de disseminación de tiempo preciso y con los patrones ópticos de nueva generación.

La Sección está inmersa en el proceso de revisión de sus CMCs, al objeto de actualizar las capacidades declaradas como laboratorio asociado a EURAMET bajo el Acuerdo de Reconocimiento Mutuo del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM-MRA), relativo a los patrones nacionales de medida y a los certificados de calibración emitidos por los laboratorios metrologicos nacionales. Las CMCs vigentes en la actualidad fueron aprobadas en el 2007.

En 2011, durante la 24ª reunión de la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), se adopta la Resolución 1, por la que se promueve una revisión del SI que liga las definiciones del kilogramo, metro, ampere, kelvin, candela y mol, a valores numéricos exactos de constantes universales, y que serán intrínsecamente estables, de manera que no haya necesidad de modificar las definiciones cuando las tecnologías usadas para construir estas unidades evolucionen y conduzcan a obtener mejores resultados.

El SI revisado se aprueba durante la 26ª CGPM, celebrada en noviembre en el Observatorio de París, y entrará en vigor el Día Mundial de la Metrología, el 20 de mayo de 2019.

Entre los numerosos beneficios que la revisión del SI representa para la ciencia, la tecnología, la industria y el comercio, destaca la ligazón de todas las unidades básicas, excepto el mol, con la unidad de tiempo, pasando a tener esta unidad un papel preponderante.

4.3. Servicio de Cronometría Naval

Se ha continuado con el control de los cargos de relojería y cronometría de la Armada con la ayuda de una aplicación informática y la posterior publicación en la intranet de la de Armada de un enlace que permite la gestión telemática del material existente en buques y dependencias (Fig. 4.13), facilitando las tareas administrativas entre los usuarios y el Servicio de Cronometría.

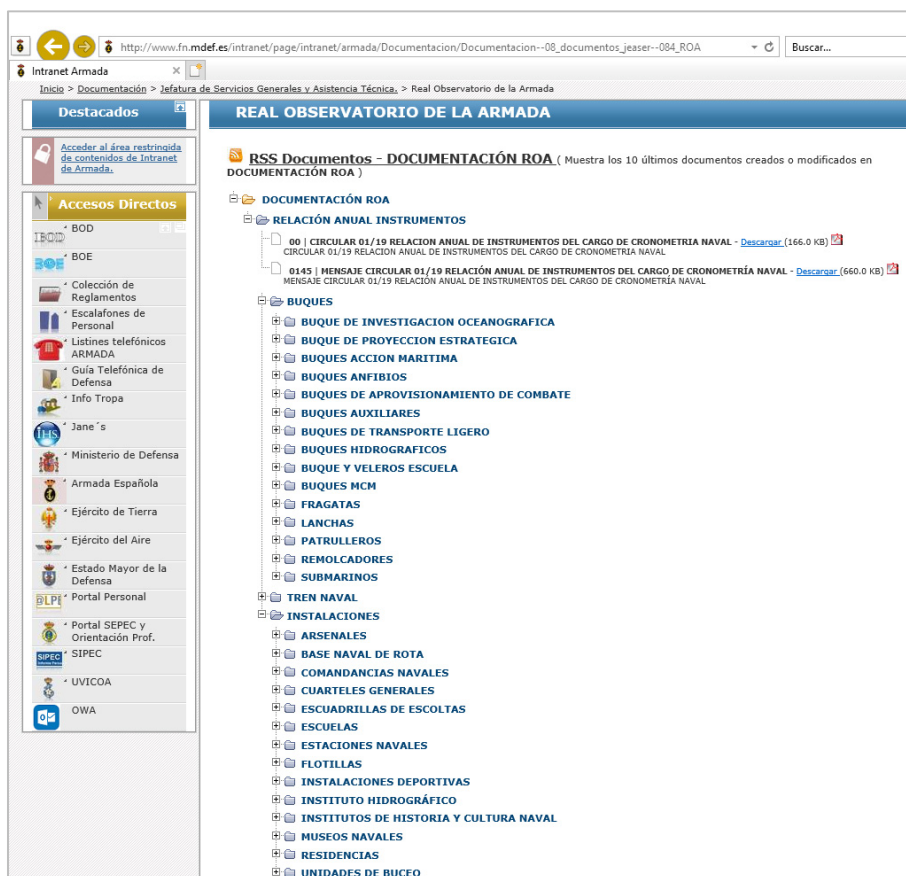


Figura 4.13: Publicación de cargos de relojería y cronometría en la intranet de la Armada.

Se entregan en concepto de auxilio dos relojes de bitácora SCHATZ y ARMADA ESPAÑOLA a la 41ª Escuadrilla de Escoltas.

Se efectuó reparación, calibración y ajuste a las Centrales Horarias del BE Juan Sebastián de Elcano, Fragata Canarias y BAM Relámpago.

Se realizaron actuaciones de mantenimiento correctivo a un total de 39 elementos de relojería y cronometría, de entre los cuales se destacan un cronómetro marino mecánico Hamilton (IOM 1202) del despacho del Segundo AJEMA y 5 relojes aeronáuticos mecánicos de la 5ª y 6ª Escuadrillas de la Flotilla de Aeronaves.

4.4. Proyectos de Investigación, Acciones Especiales y Complementarias

Durante el año 2018, se han iniciado/mantenido los siguientes Proyectos de Investigación y Acciones Especiales:

- **AMIGA6 (AYA2015-65973-C3-1-R):**

Proyecto encaminado a la investigación y desarrollo de técnicas de transferencia de tiempo y frecuencia mediante fibra óptica. El proyecto encaja dentro del proyecto genérico AMIGA (Análisis del Medio Interestelar en Galaxias Aisladas): “gas en el interior y en el entorno de las galaxias”, y se dedica a la preparación científica para el SKA (Square Kilometre Array) y a la contribución al diseño del flujo de datos. SKA constituye en la actualidad un nuevo desafío para la Astronomía.

AMIGA está dirigido por la Doctora Lourdes Verdes-Montenegro Atalaya, investigadora responsable del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA). Este proyecto se presenta como coordinado, en el que el investigador Manuel Rodríguez Álvarez, perteneciente al Dpto. de Arquitectura y Tecnología de Computadores de la Universidad de Granada (UGR) es el director del subproyecto denominado AMIGA6: *gas in and around galaxies. Preparation for SKA science and contribution to the design of the SKA data flow - Signal and Data Transport* del IAA, en el que participa asimismo el ROA.

Los trabajos están encaminados al uso de redes de fibra para proporcionar servicio de sincronismo y de frecuencia basada en White Rabbit.

- **Calibraciones de enlaces GPS en apoyo del CCTF-K001.UTC. (Proyecto 1156 EURAMET):**

Proyecto coordinado por el CF. Don Héctor Esteban Pinillos, Jefe de la Sección de Hora del Observatorio, en sustitución del CN. Don Francisco Javier Galindo Mendoza desde el 15 de enero.

En base a la recomendación del Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia (CCTF) en su reunión de 2009, aunque la Oficina Internacional de Pesas y Medidas continuará estudiando la caracterización de equipos GNSS (basados en Sistemas de Satélites de Navegación Global) en uso para establecer los enlaces de tiempo entre algunos institutos que contribuyen con sus relojes al Tiempo Atómico Internacional, deben ser las propias Organizaciones Metrológicas Regionales, y entre ellas EURAMET, las que apoyen esta

actividad organizando campañas de calibración enlazando institutos cuyos equipos han sido o serán caracterizados por otros institutos. En este sentido, el presente proyecto planea:

- Identificar las necesidades actuales de los laboratorios pertenecientes a EURAMET.
- Identificar los equipos recomendables.
- Organizar campañas bilaterales o multilaterales de visitas de un laboratorio que actúe como piloto.
- Informar resultados al BIPM en un formato que deberá ser desarrollado en trabajo conjunto con miembros del Grupo de Trabajo del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de CCTF, y del propio BIPM.

En este proyecto participan un total de 16 institutos europeos, incluyendo entre ellos al Observatorio.

4.5. Reuniones

Se participó en las siguientes reuniones:

Nacionales:

- Del 30 al 31 de enero, el CC. Héctor Esteban Pinillos viaja a Madrid, para asistir a la 12ª reunión de seguimiento del convenio marco entre el MINISDEF y la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre – Real Casa de la Moneda (FNMT-RCM).
- Del 12 al 14 de marzo, el CC. Héctor Esteban Pinillos viaja a Madrid, para asistir por un lado, a la reunión de la Comisión de Laboratorios Asociados al Centro Español de Metrología (CLA-CEM) y por otro, a la reunión de la Comisión Técnica Asesora de Metrología y Calibración de la Defensa (CTAMCD), en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “Esteban Terradas” (INTA).
- Del 13 al 14 de marzo, el TN. Juan M. González Sánchez viaja a Torrejón de Ardoz (Madrid), para asistir como vocal por el ROA a la reunión de la CTAMCD en el INTA.
- Del 8 al 9 de mayo, el TN. Juan M. González Sánchez viaja a Madrid para asistir a la reunión del grupo de trabajo PRS de Defensa.
- Del 23 al 24 mayo, el CC. Héctor Esteban Pinillos y el TN. Juan M. González Sánchez viajan a Madrid, para asistir a la reunión de la CLA-CEM, sobre el seguimiento de los sistemas de gestión de la calidad y actualización a la ISO/IEC 17025:2017, en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).
- Del 20 al 21 de junio, el CC. Héctor Esteban Pinillos y el TN. Juan M. González Sánchez viajan a Madrid para asistir a la reunión de la CTAMCD, en el Campus de la Marañosa del INTA.
- Del 30 al 31 de octubre, el TN. Juan M. González Sánchez se desplaza al Instituto de Salud “Carlos III” (ISCIII), Madrid, para realizar visita de supervisión como auditor técnico.
- Del 28 al 02 de noviembre, el TN. Juan M. González Sánchez viaja a Madrid para asistir a la reunión del grupo de trabajo PRS de Defensa.
- Del 3 al 5 de diciembre, el CF. Héctor Esteban Pinillos viaja a Granada, para asistir como miembro del tribunal en la defensa de la tesis doctoral

“Dependable Systems Over Synchronous Networks”, en la Universidad de Granada.

- Del 9 al 10 de diciembre, el CF. Héctor Esteban Pinillos viaja a Madrid, para asistir a la reunión de planificación del futuro conjunto de la Metrología Cuántica en el Centro Español de Metrología (CEM).

Internacionales:

- Del 6 al 9 de marzo, el CC. Héctor Esteban Pinillos viaja a Lisboa para asistir a la reunión del Comité Técnico de Tiempo y Frecuencia (TC-TF) de la Asociación Metroológica Europea (EURAMET).
- Del 17 al 20 de marzo, el TN. Juan M. González Sánchez viaja a París para asistir a la reunión del Comité Técnico de Calidad (TC-Q) de la Asociación Metroológica Europea (EURAMET).
- Del 6 al 10 de junio, el CC. Héctor Esteban Pinillos viaja a Varsovia para asistir a la reunión del Grupo de Trabajo sobre técnicas de Transferencia de Tiempo y Frecuencia mediante Doble Encaminamiento del Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia (CCTF WG on TWSTFT).
- Del 10 al 12 de septiembre, el TN. Juan M. González Sánchez viaja a Noordwijk (Holanda), para asistir a la reunión inicial de la primera ayuda específica (SG1) para el apoyo del Galileo Reference Centre (GRC).
- Del 25 al 28 de septiembre, el CC. Héctor Esteban Pinillos viaja a París, para realizar auditoría técnica de calidad a la Sección de Tiempo de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM).

4.6. Publicaciones y comunicaciones en congresos

Artículos en revistas con revisor:

- Z. Jiang, V. Zhang, Y. Huang, J. Achkar, D. Piester, S.-Y. Lin, W. Wu, A. Naumov, S.-H. Yang, J. Nawrocki, I. Sesia, C. Schlunegger, Z. Yang, M. Fujieda, A. Czubla, H. Esteban, C. Rieck, P. Whibberley, “Use of software-defined radio receivers in two-way satellite time and frequency transfers for UTC computation”, *Metrologia*, 2018, 55(5), 685-698.

Congresos internacionales:

- **Autores:** J. Grotti, S. B. Koller, St. Vogt, S. Herbers, S. Hafner, U. Sterr, A. Al-Masoudi, S. Dorscher, R. Schwarz, Ch. Lisdat, A. Kuhl, S. Koke, T. Waterholter, G. Grosche, E. Benkler, M. Pizzocaro, P. Thoumany, B. Rauf, F. Bregolin, A. Tampellini, P. Barbieri, M. Zucco, G. A. Constanzo, C. Clivati, F. Levi, A. Mura, D. Calonico, F. Baynes, A. Rolland, H. S. Margolis, R. Le Targat, H. Álvarez-Martínez, J. Lodewyck, A. Amy-Klein, O. Lopez, E. Cantin, P.-E. Pottie, Ch. Voigt, L. Timmen, H. Denker.
Título: Transportable optical lattice clock - measurement campaigns and characterisation.
Congreso: 26 International Conference on Atomic Physics.
Lugar: Barcelona, del 22 al 27 de julio.
- **Autores:** H. Esteban.
Título: Project 1156. EURAMET G1G2 calibration organized by ROA.
Congreso: EURAMET TC-TF.
Lugar: Lisboa (Portugal), del 7 al 8 de marzo.

- **Autores:** H. Álvarez-Martínez, Y. Le Coq, R. Le Targat.
Título: Operational transfer of spectral purity at LNE-SYRTE.
Congreso: 32nd European Frequency and Time Forum.
Lugar: Turín (Italia), del 10 al 12 de abril.
- **Autores:** L. De Sarlo, M. Favier, V. Cambier, J. Calvert, C. Guo, J. Lodewyck, H. Álvarez-Martínez, Y. Le Coq, R. Le Targat, E. Cantin, D. Xu, O. Lopez, A. Amy-Klein, G. Santarelli, Ch. Chardonnet, P.-E. Pottie, N. Huntemann, C. Sanner, R. Lange, B. Lipphardt, Chr. Tamm, E. Peik, R. Schwarz, A. Al-Masoudi, S. Dörscher, Ch. Lisdat, E. Benkler, S. Koke, A. Kuhl, T. Waterholter, G. Grosche y S. Bize
Título: Exploiting coherent fiber links with a Hg optical lattice clock.
Congreso: 32nd European Frequency and Time Forum.
Lugar: Turín (Italia), del 10 al 12 de abril.
- **Autores:** H. Álvarez-Martínez, Y. Le Coq, R. Le Targat.
Título: Ultra-narrow laser techniques to connect the 6 LNE-SYRTE atomic clocks.
Congreso: J'Doc 2018 for PhD students in cold atoms, Ecole Normale Supérieure.
Lugar: París (Francia), de 7 al 8 de junio.
- **Autores:** H. Álvarez-Martínez, Chr. Baerentsen, Y. Le Coq, Rodolphe Le Targat.
Título: Main services and activities at LNE-SYRTE LAB 1.
Congreso: Journées du SYRTE 2018, Délégation regional du CNRS de Meudon.
Lugar: París (Francia), del 6 al 7 de noviembre.
- **Autores:** J. Calvert, L. De Sarlo, V. Cambier, C. Guo, M. Favier, J. Lodewyck, H. Álvarez-Martínez, Y. Le Coq, R. Le Targat, E. Cantin, D. Xu, O. Lopez, A. Amy-Klein, G. Santarelli, Ch. Chardonnet, P.-E. Pottie, N. Huntemann, C. Sanner, R. Lange, B. Lipphardt, Chr. Tamm, E. Peik, R. Schwarz, A. Al-Masoudi, S. Dörscher, Ch. Lisdat, E. Benkler, S. Koke, A. Kuhl, T. Waterholter, G. Grosche y S. Bize.
Título: Exploiting highly accurate frequency ratio measurements over coherent fiber links for exploring fundamental physics problems 1.
Congreso: 10th International Conference on Precision Physics of Simple Atomic Systems.
Lugar: Viena (Austria), del 14 al 18 de mayo.
- **Autores:** J. Gillot, J. Barbarat, H. Álvarez-Martínez, R. Le Targat, P.E. Pottie, Ph. Tuckey and O. Acef.
Título: Infrared and Visible ultrastable Optical Frequency Standard
Congreso: Conference on Precision Electromagnetic Measurements
Lugar: París (Francia), de 8 al 13 de julio.

4.7. Estancias de trabajo

- Del 11 al 16 de junio, la TN. María del Carmen Vélez López viaja a Boulder, EEUU, para realizar el Seminario de Tiempo y Frecuencia del NIST.
- Del 7 al 10 de mayo, el STTE. Luis Batanero Guerrero asiste en Salamanca a las Jornadas técnicas REDIRIS.

4.8. Otros hechos de interés

Nuevo edificio para la Sección de Hora

A partir del mes de junio, el nuevo edificio de la Sección de Hora suelta amarras definitivamente, una vez finalizado el traslado de todo su equipamiento, comenzando así su singladura. Un gran hito en la historia del Observatorio, tan importante como necesario, para poder continuar dando avance en las aguas de la metrología del tiempo y hacer frente a los retos que tiene por la proa, como es el desarrollo de patrones ópticos. Estos sistemas, supondrán un salto cualitativo en la medida del tiempo y la frecuencia, y el ROA debe incorporarlos cuanto antes, para mantenerse entre los mejores laboratorios de tiempo del mundo.

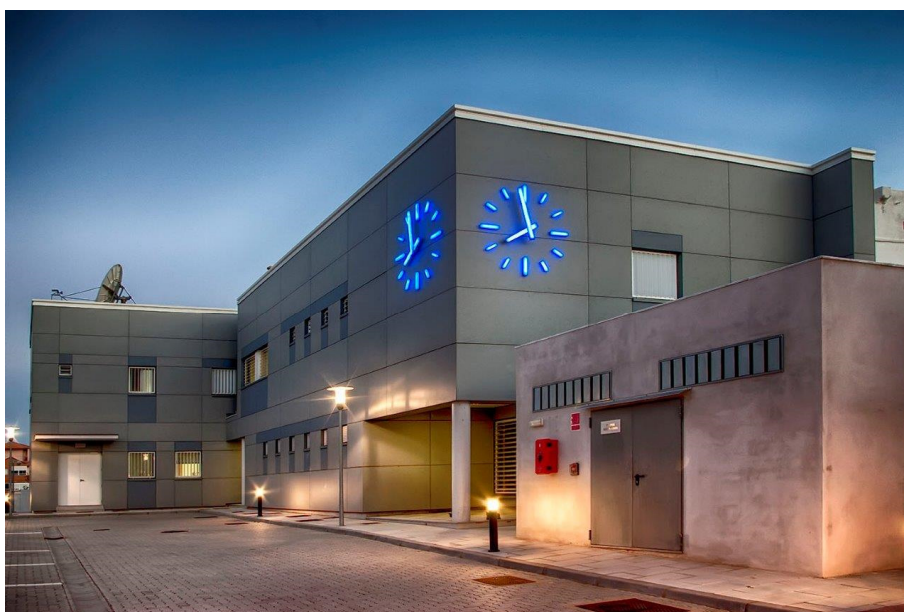


Figura 4.14: Imagen del nuevo Laboratorio de Hora.

Situación del personal clave de la Sección

En enero alcanza la edad de jubilación el ingeniero técnico Don Javier Navas Ligeró, después de desarrollar su actividad en el Observatorio desde el año 1977. Desde su incorporación, ha realizado el mantenimiento y calibración al más alto nivel, entre estos se incluyen los que afectan a los patrones de tiempo y frecuencia, a partir de los cuales se deriva la escala de tiempo UTC(ROA), o los que tienen que ver con los sistemas de medida, tanto internos del laboratorio como a distancia entre laboratorios.

Esta baja, junto con la de otro ingeniero técnico que tuvo lugar a finales de 2017, han sido cubiertas con el embarque en agosto del Ingeniero Técnico de Arsenales Electrónico D. José Manuel Suárez Ramírez de Arellano, y el Ingeniero Técnico de Arsenales de Telecomunicaciones D. Alonso Osuna Giráldez.

A principios de año, la TN. María del Carmen Vélez finaliza su estancia en el Instituto Nacional de Investigación Metrológica italiano INRIM, en el que estuvo trabajando en el desarrollo de un nuevo dispositivo láser de longitud de onda de 399 nm, para enfriar y atrapar átomos de iterbio (Yb), y en el suministro de luz estabilizada del reloj al peine de frecuencias ópticas y a los átomos de Yb, gracias a la beca de movilidad geográfica

núm. 15SIB03-RMG2 del proyecto EMPIR titulado “Optical clocks with 1E-18 uncertainty”.

Asimismo el TN. Héctor Álvarez, que se encontraba realizando una estancia en el departamento de Systèmes de Référence Temps-Espace (SYRTE) del Observatorio de París (OP), especializándose en el desarrollo de láseres ultraestables y en la transferencia de pureza espectral entre patrones ópticos de tiempo, en virtud de una beca similar y bajo el mismo proyecto (beca 15SIB03-RMG1), ha podido continuar su ciclo formativo en este mismo Centro, integrándose en el grupo de expertos que trabajan con relojes ópticos, y realizando además una tesis doctoral en cotutela internacional por la Université Sorbonne (antigua Université Pierre et Marie Curie) de París y la Universidad Autónoma de Madrid.

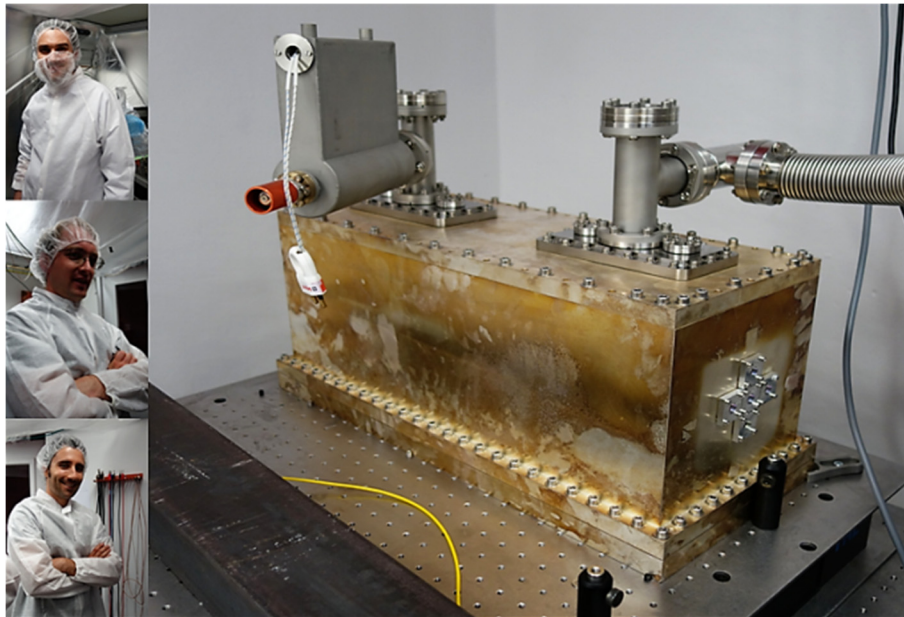


Figura 4.15: El TN. Álvarez (imagen inferior izquierda) con la cavidad larga Fabry-Pérot en OP-SYRTE.

En la figura 4.15 aparece una cavidad larga Fabry-Pérot en OP-SYRTE, con la que se proporciona un láser ultra-estable 1542 nm de longitud de onda, durante las pruebas de vacío efectuadas por el equipo de la izquierda, entre los que se encuentra el TN. Álvarez.

Sección de Hora

El 8 de noviembre, el CF. Héctor Esteban asiste como ponente a las jornadas del Café con Ciencia en el ROA (figura 4.16), enmarcadas dentro de la Semana de la Ciencia, organizadas por la Consejería de Conocimiento, Investigación y Universidad de la Junta de Andalucía y coordinadas por la Fundación Descubre. Siendo el científico encargado de la mesa titulada “Custodios del tiempo”.



Figura 4.16: Foto de la jornada de Café con Ciencia con alumnos del I.E.S. Isla de León.

5. Servicio de Biblioteca y Archivo

La Instrucción de Organización número 1/2011, de 27 de enero, del entonces Almirante Jefe de Servicios Generales, por la que se establece la vigente organización del Real Instituto y Observatorio de la Armada, asigna al *Servicio de Biblioteca y Archivo* las funciones relacionadas con el patrimonio histórico de la Institución, ya sea bibliográfico (Biblioteca), documental (Archivo) o museológico (Colección Museográfica).

5.1. Fondos

5.1.1. Fondos bibliográficos (monografías y publicaciones periódicas)

La creación en 1753 del Real Observatorio de Cádiz, producto de la política ilustrada, fue un hito importante en el desarrollo científico de la España del siglo XVIII. La conjunción entre enseñanza, práctica e investigación contribuyó rápidamente al aumento de importancia de su Biblioteca que, desde un primer momento, fue considerada como un instrumento científico más. Primero Jorge Juan, y más adelante Tofiño, hicieron todo lo posible por consolidar y aumentar sus fondos, de tal forma que en 1798, cuando el Observatorio de Marina fue trasladado a su nuevo emplazamiento en la Isla de León, ya se reservó una sala para ubicación de la Biblioteca en el edificio que había sido construido por el Marqués de Ureña.



Figura 5.1: Johannes Hevelius, *Selenographia, sive Lunae descriptio* (1647).

Durante el siglo XIX se produjo un continuo incremento de los fondos bibliográficos del Observatorio, motivado esencialmente por tres causas: la recogida de obras de otros centros de la Armada, el encargo de libros al extranjero y el intercambio de publicaciones con otras instituciones. A partir de 1856, la creación del Curso de Estudios Superiores con sede en el Observatorio, siguiendo la tradición iniciada en el siglo anterior, cuando determinados oficiales de la Armada llevaban a cabo los llamados *estudios mayores*, fue origen de la adquisición de un importante número de libros de carácter especializado para las nuevas necesidades docentes. A lo largo del siglo XX la expansión de la Biblioteca continuó a buen ritmo, hasta el punto de que sus dependencias ocupan hoy día la mayor parte del edificio principal del Observatorio. En

la actualidad, sus fondos forman una de las más interesantes bibliotecas científicas del país, inseparable del quehacer científico del Observatorio y de las tareas docentes de la Escuela de Estudios Superiores de la Armada.



Figura 5.2: salas II, III y IV de la Biblioteca.

La Biblioteca del Real Observatorio de la Armada contaba, a fines de 2017, con 30.197 volúmenes catalogados, incluido el fondo antiguo. A lo largo de este año, ingresaron 118 nuevos volúmenes en la Biblioteca, la mayoría procedentes de donaciones de otras instituciones y de intercambios con otros centros. Las publicaciones periódicas representan una parte importante del material que entra en la Biblioteca. A las suscripciones que se mantienen, hay que añadir un número considerable de publicaciones periódicas de carácter científico que, con bastante regularidad, llegan a San Fernando, de diversos países de todo el mundo, gracias al intercambio con las publicaciones editadas por el Observatorio.

Además de monografías y publicaciones periódicas, la Biblioteca del Observatorio conserva una interesante colección de material cartográfico, compuesta principalmente por cartografía náutica de las costas españolas de los siglos XVIII y XIX. Hace ya algunos años, la necesidad de preparar una nueva tirada del *Inventario de Mapas, Cartas y Planos* publicado en 1976, hizo pensar en la posibilidad de mejorar ese instrumento de trabajo procediendo a una verdadera catalogación de los mapas conservados. El proceso de descripción catalográfica de la colección de cartas, mapas y planos del Observatorio finalizó durante el segundo semestre de 2001. El catálogo de la colección, fue publicado y puesto a disposición de los investigadores durante los primeros meses de 2002.

Más adelante, la Colección de Cartografía fue completamente digitalizada, gracias a un proyecto de colaboración con el *Archivo Naval de Cartagena*, desarrollado a lo largo de los años 2007 y 2008. Los 28.800 archivos digitales obtenidos a lo largo del proceso de digitalización están almacenados en dos discos duros de 2 TB LaCie Ethernet Disk XP, instalados en el Centro de Cálculo del Observatorio y accesibles a

través de la red local. Uno de ellos (CARTO1) contiene las imágenes de la colección y el otro está destinado a almacenar la copia de seguridad (CARTO2). Durante el segundo semestre de 2011 se incorporaron a la colección 485 nuevos mapas catalogados por el personal contratado para el Archivo. Con estas nuevas incorporaciones, la colección de Cartografía del ROA pasó a estar formada por 3.968 unidades cartográficas, todas ellas catalogadas, aunque estas últimas incorporaciones no han podido ser incluidas hasta ahora en ningún proyecto de digitalización y están, por tanto, pendientes de digitalizar.



Figura 5.3: Consulta de materiales cartográficos digitalizados

5.1.2. Archivo Histórico

El Archivo Histórico del Observatorio, integrado en el Subsistema Archivístico de la Armada, contiene documentación sobre el acontecer administrativo y científico de la institución desde 1768 en adelante. Durante la segunda mitad del año 2013, gracias a la asistencia técnica “Incorporación al Archivo Histórico de documentación procedente del Archivo Científico de la Sección de Geofísica del Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) en San Fernando (Cádiz)”, promovida desde *la Subdirección General de Publicaciones y Patrimonio Cultural* y desarrollada por personal de la empresa Normadat, se incorporaron al Archivo 342 cajas/legajos (cerca de 43 metros lineales de documentación).

A lo largo del año 2016, gracias a la colaboración de Antonio Ruiz Herrera, alumno del Máster de Patrimonio Histórico de la Universidad de Cádiz que realizó en el ROA sus prácticas de empresa, se llevó a cabo la última incorporación de fondos al Archivo (104 nuevas cajas con documentación). A partir de entonces, el Archivo Histórico del Observatorio quedó formado por un total de 2.178 cajas, 1.111 libros manuscritos y 90 legajos de gran tamaño. Durante 2017 y 2018 se han llevado a cabo algunas transferencias de documentación procedente de las secciones del Centro cuyo contenido está pendiente de integración en el Archivo (aproximadamente 18 metros lineales).

Durante los últimos años se ha ido reuniendo en el Archivo el material fotográfico que hasta hace poco tiempo estaba disperso por las oficinas y las secciones científicas.

Nos encontramos ante una colección de materiales fotográficos muy diversos, compuesta por dos grandes grupos de registros: los negativos en placa de vidrio de numerosas observaciones astronómicas, realizadas desde las últimas décadas del siglo XIX hasta la década de 1980 del siglo XX, y las fotografías en papel que reflejan la actividad del Observatorio en ese mismo período de tiempo, con numerosas vistas de las instalaciones, de sus instrumentos y de su personal.



Figura 5.4: Depósito del Archivo del Real Instituto y Observatorio de la Armada

En el primer grupo se incluye la colección de placas de vidrio del proyecto de la Carta del Cielo (1889-1920), formada por más de 2.500 placas que ya están descritas y digitalizadas. Por otro lado, habría que reseñar las 287 cajas (con una media de 12 placas cada una), procedentes de las observaciones realizadas con el astrógrafo Gautier entre 1920 y 1980, además de las observaciones realizadas con otros instrumentos en San Fernando o por personal del Observatorio en otros lugares (La Habana, Puerto Rico, Soria, Elche) con motivo de diversos fenómenos astronómicos extraordinarios como pasos de Venus o eclipses de Sol. Se trata de más de 3.000 fotografías en placas de vidrio que están pendientes de inventariado, catalogación y digitalización.

El segundo grupo, formado por las fotografías en papel, está formado por un número aún sin determinar de fotografías en blanco y negro y en color. Durante 2018 se ha llevado a cabo la catalogación y digitalización del grueso de la colección de fotos en blanco y negro (unos 1.000 registros). Para ello, se ha contado con la ayuda de una asistencia técnica de la empresa AscIDirect, gestionada por la Subdirección General de Publicaciones y Patrimonio Cultural del Ministerio de Defensa.

5.1.3. Colección Museográfica

A finales de 2015 fue creada la Red de Museos de Defensa mediante la Orden de Defensa número 2532/2015 de 18 de noviembre, en la que se definen los procedimientos para la gestión de los bienes muebles del Patrimonio Histórico Español adscritos al Ministerio de Defensa. Según esta disposición oficial, se entiende por colección museográfica el conjunto de bienes culturales que, sin reunir todos los requisitos necesarios para desarrollar las funciones propias de un museo, están

organizadas siguiendo criterios museológicos, tienen un régimen de visitas establecido y disponen de medidas de conservación y seguridad. Como consecuencia de ello, la mencionada Orden reconoció a la Colección Museográfica del Real Observatorio de la Armada como una de las colecciones patrimoniales de la Armada. Esta colección museográfica está integrada tanto por la Colección de Instrumentos Antiguos como por el resto de los bienes culturales del Centro dados de alta en el Sistema MILES como fondos patrimoniales (con un total de 1.245 piezas).



Figura 5.5: Sala VIII (Cálculos del Almanaque y placas de la Carta del Cielo)

En relación con los fondos patrimoniales, es importante destacar el resultado de la ejecución del Convenio bilateral de cooperación entre el Ministerio de Defensa y la Entidad Pública Empresarial Red.es para la digitalización y puesta a disposición de los ciudadanos del Patrimonio Cultural del Ministerio de Defensa, firmado en Madrid el 9 de diciembre de 2014. Este convenio, puesto en marcha en la segunda mitad del año 2015, estuvo dirigido a la digitalización del patrimonio cultural de tres instituciones militares consideradas por el Ministerio como instituciones culturales destacadas: el Museo del Ejército (Toledo), el Archivo General de Marina (El Viso del Marqués) y el Real Instituto y Observatorio de la Armada (San Fernando).

Como consecuencia del desarrollo de este convenio, durante los últimos meses de 2015 y las primeras semanas de 2016 trabajó en el Observatorio un equipo de técnicos de la empresa Libnova con el objetivo de conseguir imágenes digitales en 360° de las piezas de la Colección Museográfica. Aunque inicialmente se pensó en centrar los trabajos exclusivamente en la Colección de Instrumentos Antiguos, el desarrollo de los trabajos permitió abarcar la totalidad de las piezas de la colección patrimonial que en ese momento estaban dadas de alta en el Sistema MILES como bienes del patrimonio histórico. Estas imágenes fueron volcadas a la Biblioteca Virtual del Ministerio de Defensa a lo largo del año 2017 y desde entonces están disponibles para su consulta.

Otro trabajo de importancia fue la digitalización de las matrices de grabado de la Carta del Cielo, planchas de cobre usadas para la impresión de las hojas en papel, que presentan el resultado de la participación del Observatorio de San Fernando en el

proyecto internacional de la Carta del Cielo (1887-1940). En el desarrollo del proyecto se procedió a la limpieza, restauración, inventariado y clasificación de las 403 matrices de grabado conservadas (planchas de cobre), para después pasar a su digitalización siguiendo las prescripciones técnicas del tratamiento de los fondos museográficos indicados en el *Manual de digitalización para fondos bibliográficos, documentación de archivo y fondos museográficos*, publicado por la Subdirección General de Publicaciones y Patrimonio Cultural del Ministerio de Defensa.



Figura 5.6: Retrato del CN. Teodoro López Moratalla (Nº INV. ROA: 1245/PH)

A lo largo de 2018 se ha incorporado a la Colección Museográfica una nueva pieza, el retrato del CN. Teodoro López Moratalla, Director del Centro hasta febrero de este año. (Nº INV. ROA: 1245/PH).

5.1.4. Patrimonio cultural del ROA en la Biblioteca Virtual de Defensa

En los últimos años, el Ministerio de Defensa ha impulsado la creación de un portal dedicado a la consulta y difusión de materiales digitales relacionados con su patrimonio cultural. Así nació la Biblioteca Virtual de Defensa, una interesante herramienta para facilitar la conservación, consulta y difusión del patrimonio cultural generado y custodiado por los organismos dependientes del Ministerio de Defensa. Esta Biblioteca Virtual de Defensa recoge, además del repositorio institucional de las publicaciones del Ministerio, otros fondos de tipología muy diversa procedentes de archivos, bibliotecas y museos militares (códices, impresos, grabados, videograbaciones, fotografías, instrumentos científicos). Desde un primer momento, esta Biblioteca Virtual ha incluido la descripción y las imágenes digitales de fondos del patrimonio cultural del Real Instituto y Observatorio de la Armada.

Durante el 2018, la aportación del Real Instituto y Observatorio de la Armada a esta iniciativa ha estado formada por los libros de la Biblioteca digitalizados para el proyecto de la Biblioteca Virtual del Patrimonio Bibliográfico Español, las piezas de la Colección Museográfica y, por último, por los materiales correspondientes al proyecto de la Carta del Cielo. Con estos materiales, la Biblioteca Virtual de Defensa ha creado un micrositio en el que se pueden encontrar las imágenes digitales relacionadas con el citado proyecto: los instrumentos de observación y medición, las placas de vidrio con los registros fotográficos, el Catálogo Astrofotográfico de San Fernando, las hojas impresas de la Carta Fotográfica del Cielo correspondientes a la zona de San Fernando (720 hojas) y la colección de las planchas de cobre (matrices de grabado) usadas para imprimir las hojas impresas de la Carta Fotográfica del Cielo (413 planchas).

5.2. Consultas y préstamos

5.2.1. Instalaciones y servicios

Tradicionalmente, el principal servicio ofrecido por la Biblioteca es el préstamo de publicaciones en tres modalidades: préstamo a las secciones científicas, préstamo a los alumnos de Estudios Superiores y préstamo en sala de consulta. El personal científico y técnico del Observatorio utiliza principalmente los fondos modernos de la Biblioteca, que son aprovechados para el mejor desarrollo de sus proyectos y trabajos de investigación. El préstamo en sala, utilizado esporádicamente por el personal del Observatorio, se lleva a cabo casi siempre con los usuarios externos a la Biblioteca. A lo largo de 2018 se han efectuado un total de 590 préstamos internos a personal del Observatorio y 170 préstamos en sala a usuarios externos.

La consulta del catálogo, el préstamo en sala, el préstamo a las distintas secciones, la fotocopia y la reproducción digital están autorizados, y se realizan con normalidad. El personal de la Biblioteca desarrolla sus tareas profesionales en una sala de trabajo, contigua a la sala de consulta, donde se encuentran los ficheros informatizados, y las obras de referencia.

Durante el año 2018 se ha continuado avanzando en la organización de la Red de Bibliotecas de Defensa. Desde un primer momento, la *Unidad de Coordinación Bibliotecaria del Ministerio de Defensa* (Subdirección General de Publicaciones y Patrimonio Cultural) ha contado con la Biblioteca del Real Instituto y Observatorio de la Armada como una de las integrantes de esta red. Desde 2010 las 11 bibliotecas de la Armada integradas en la Red tienen como centro de referencia técnica a la Biblioteca del Observatorio, cuyo responsable, Francisco José González, ejerce como *Director Técnico de la Subred Orgánica de las Bibliotecas de la Armada*. En relación con este cargo, se realizaron visitas a la Subdirección General de Publicaciones y Patrimonio Cultural en Madrid (24 de abril), con motivo de una reunión de la Red de Bibliotecas de Defensa, y a la Biblioteca de la Escuela de Suboficiales de la Armada (13 de noviembre), para examinar unos documentos de archivo del Colegio Naval Militar que aparecieron durante el desarrollo de una asistencia técnica para la catalogación de su Biblioteca.

Tras un primer período de acceso limitado en la intranet de Defensa, el *Catálogo Colectivo de las Bibliotecas de Defensa* (CCBD), en el que está incluida la Biblioteca del Real Instituto y Observatorio de la Armada, quedó abierto a la consulta en Internet a partir del 30 de abril de 2011. Desde entonces, y hasta la actualidad, funciona con

normalidad permitiendo la consulta de nuestros fondos bibliográficos desde cualquier dispositivo conectado a Internet (www.bibliodef.es).



Figura 5.7: Sala de investigadores del Servicio de Biblioteca y Archivo

Por otro lado, y como consecuencia de las gestiones realizadas por la *Unidad de Coordinación Bibliotecaria* del Ministerio de Defensa ante la *Subdirección General de Coordinación Bibliotecaria* del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, la Biblioteca del Real Instituto y Observatorio de la Armada continuó, durante el 2018, su colaboración con el Catálogo Colectivo del Patrimonio Bibliográfico y con la Biblioteca Virtual del Patrimonio Bibliográfico. El *Catálogo Colectivo del Patrimonio Bibliográfico* responde a un programa conjunto del citado Ministerio y las Comunidades Autónomas, de acuerdo con la Ley 16/1985 de Patrimonio Histórico, cuyo objetivo es la descripción y localización de libros y otros fondos bibliográficos, depositados en bibliotecas e instituciones españolas públicas o privadas, que por su antigüedad, singularidad o riqueza forman parte del Patrimonio Histórico Español.

Esta colaboración se ha completado, como en años anteriores, con la participación de la Biblioteca del Observatorio en la *Biblioteca Virtual del Patrimonio Bibliográfico*, un proyecto cooperativo cuyo objetivo es la difusión de colecciones de manuscritos y libros impresos antiguos que forman parte del Patrimonio Histórico Español mediante facsímiles digitales. En la página web de la citada Biblioteca Virtual (BVPB) (<http://bvpb.mcu.es/es/consulta/busqueda.cmd>) están ya disponibles para su consulta completa 378 obras (457 volúmenes) de la Biblioteca del Observatorio. El trabajo de digitalización (más de 220.000 páginas) ha sido desarrollado entre los años 2008 y 2011 y en el 2017 por la empresa Digibis, a iniciativa de la Subdirección General de Coordinación Bibliotecaria del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

5.2.2. Usuarios externos

En cumplimiento de la normativa vigente, cualquier investigador externo puede tener libre acceso a la consulta de los fondos de la Biblioteca y del Archivo Histórico, acreditando su condición de investigador o estudiante universitario, y aceptando unas normas similares a las exigidas en otros centros de investigación bibliográfica y documental. Aunque no en gran número, es constante la presencia de este tipo de

personas que encaminan sus trabajos hacia la elaboración de artículos y publicaciones o hacia la redacción de tesinas y tesis doctorales.

Desde hace algún tiempo, se viene elaborando un fichero de usuarios que ha permitido contabilizar, durante 2018, el uso de la Biblioteca por ocho nuevos investigadores externos, interesados en el desarrollo de tesis doctorales, trabajos de investigación histórica normalmente relacionados con historia de la ciencia, expediciones ilustradas, instrumentación científica y estudios específicos de matemáticas, física, astronomía, geofísica y geodesia, tanto en su desarrollo histórico como en su temática actual.

5.3. Otras actividades

5.3.1. Actividades docentes y de investigación

Durante el 2018, el Director Técnico de Biblioteca y Archivo Histórico, T.S. Francisco José González, continuó formando parte del Grupo de Estudios del Siglo XVIII de la UCA, en el que ingresó en 1993 en calidad de investigador (doctor en historia), y del Consejo de Redacción de la revista editada por el citado grupo con el título de Cuadernos de Ilustración y Romanticismo (ISSN: 1132-8304). Este grupo de investigación, adscrito al Departamento de Historia, Geografía y Filosofía de la Universidad de Cádiz (Facultad de Filosofía y Letras), está subvencionado por el Plan Andaluz de Investigación de la Junta de Andalucía (Grupo nº 1153, Programa de Promoción General del Conocimiento) y tiene como principal objetivo el estudio de las relaciones existentes entre el siglo XVIII español y el europeo. Por otro lado, desde enero de 2013, es miembro de la Red de Expertos del Proyecto Campus de Excelencia Internacional en Patrimonio concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación (CEB09-0032) a las universidades andaluzas, coordinadas por la Universidad de Jaén.

5.3.2. Exposiciones

El fondo antiguo de la Biblioteca del Real Instituto y Observatorio de la Armada, está compuesto por importantes obras y documentos de un interés muy especial para la historia de la ciencia. Algunos de los ejemplares más representativos de estos fondos están expuestos en unas vitrinas distribuidas por todas las salas de la Biblioteca. La actual exposición, titulada Los libros de los Marineros de la Ilustración, intenta presentar un panorama general de los fondos bibliográficos antiguos, con vitrinas dedicadas a incunables, post-incunables, Pedro Apiano, la Revolución Científica, el arte de navegar, la figura de la Tierra, el Real Observatorio de Cádiz y la Marina ilustrada.

Por otro lado, desde hace ya algunos años se mantienen en la página Web del Observatorio cuatro exposiciones virtuales: De Ptolomeo a Copérnico (libros de los siglos XV y XVI), Observando el cielo de la bahía (documentos científicos del siglo XVIII), Anteojos y cuadrantes (instrumentos astronómicos del siglo XVIII) y Relojes para la navegación (cronómetros marinos de los siglos XIX y XX).

A lo largo del año, las salas de la biblioteca han acogido exposiciones de libros y documentos preparadas con motivo de diversas visitas y reuniones científicas, como la visita del Chefe do Estado-Maior da Armada de Portugal, acompañado por el Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada Española (15 de febrero). Además, a lo largo de este año, el Real Instituto y Observatorio de la Armada cedió piezas de su patrimonio cultural a las siguientes exposiciones temporales:

Rota en el siglo XVIII

Rota, Sala de Exposiciones Torre de la Merced, agosto 2017 / enero de 2018.

- Nº Inventario: 0023 / PH*
Nombre: Cuarto de círculo
Constructor: Sisson
Lugar y fecha: Londres, [mediados del siglo XVIII]
Descripción: Instrumento astronómico
- Nº Inventario: 0026/PH*
Nombre: Sextante
Constructor: Stancliffe
Lugar y fecha: Londres, 1790
Descripción: Instrumento astronómico usado en navegación
- Nº Inventario: 0088/PH*
Nombre: Anteojo acromático con montura ecuatorial
Constructor: Dollond
Lugar y fecha: Londres, 1789
Descripción: Instrumento astronómico
- Nº Inventario: 0169/PH*
Nombre: Accesorios de un cuarto de círculo
Constructor: Ramsden
Lugar y fecha: Londres, 1790
Descripción: Instrumento astronómico

Cosmos

Madrid, Biblioteca Nacional de España, marzo / septiembre de 2018.

- Nº Inventario: 04270 / L*
Título: A treatise on electricity and magnetism (vol. 1)
Autor: Maxwell, James Clerk
Lugar y fecha: Oxford, 1873
Descripción: Libro impreso
- Nº Inventario: 04271 / L*
Título: A treatise on electricity and magnetism (vol. 2)
Autor: Maxwell, James Clerk
Lugar y fecha: Oxford, 1873
Descripción: Libro impreso

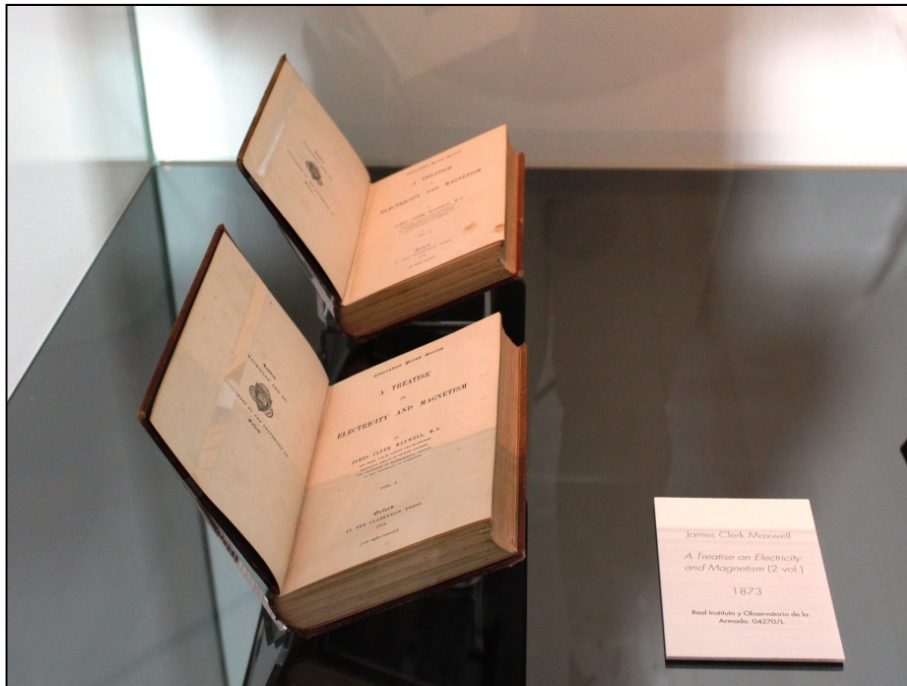


Figura 5.8: Imagen de la exposición "Cosmos" (Madrid)

Francisco José de Caldas (1768-1816)

Pontevedra, Museo de Pontevedra, octubre / noviembre de 2018.

Nº Inventario: 0085 / PH
Nombre: Cuarto de círculo
Constructor: Ramsden
Lugar y fecha: Londres, 1789
Descripción: Instrumento astronómico

Nº Inventario: 0119 / PH
Nombre: Telescopio refractor
Constructor: Dollond
Lugar y fecha: Londres, [ca. 1789]
Descripción: Instrumento astronómico

Nº Inventario: 0035 / PP
Nombre: Almanaque náutico y efemérides astronómicas (año de 1798)
Autor: Real Observatorio de Cádiz
Lugar y fecha: Madrid, 1797
Descripción: Libro impreso

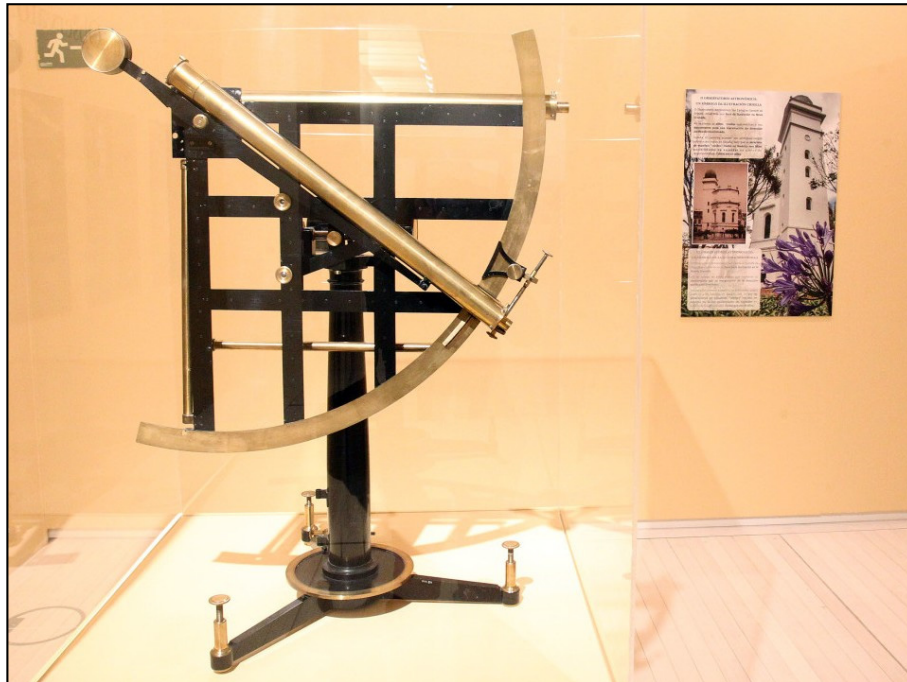


Figura 5.9: Imagen de la exposición "Francisco José de Caldas (1768-1816)" (Pontevedra)

Ojos en el cielo, pies en la tierra: Libros e instrumentos en la carrera del geógrafo Francisco José de Caldas 1795-1816

Bogotá D.C. (Colombia), Museo Nacional de Colombia, noviembre 2018 / marzo 2019.

Nº Inventario: 0023 / PH
Nombre: Cuarto de círculo
Constructor: Sisson
Lugar y fecha: Londres, [mediados del siglo XVIII]
Descripción: Instrumento astronómico

Nº Inventario: 0026 / PH
Nombre: Sextante
Constructor: Stancliffe
Lugar y fecha: Londres, 1790
Descripción: Instrumento astronómico usado en navegación

Nº Inventario: 0031 / PH
Nombre: Telescopio refractor
Constructor: Dollond
Lugar y fecha: Londres, [ca. 1789]
Descripción: Instrumento astronómico

Nº Inventario: 0061 / PH
Nombre: Octante
Constructor: Spencer, Browning & Rust
Lugar y fecha: Londres, 1794
Descripción: Instrumento astronómico usado en navegación

Nº Inventario: 0094 / PH
Nombre: Termómetro
Constructor: Megnié
Lugar y fecha: París, 1789
Descripción: Instrumento meteorológico

Nº Inventario: 0148 / PH
Nombre: Brújula con nivel
Constructor: [Baleato]
Lugar y fecha: [¿Ferrol?], [fines del siglo XVIII]
Descripción: Instrumento topográfico



Figura 5.10: Imagen de la exposición "Ojos en el cielo, pies en la tierra" (Bogotá)

5.3.3. Comunicaciones y conferencias

El patrimonio bibliográfico de la Armada española

Curso de Extensión Universitaria "El patrimonio cultural de la Armada Española a través de sus museos y colecciones".

UNED Centro Asociado de Plasencia (Cáceres) (Plasencia, marzo, 2018).

Ponencia (2 horas lectivas).

La navegación astronómica y los instrumentos náuticos a través de la historia: ¿en mitad del océano y sin GPS?

Ciclo de Conferencias del Centro Andaluz de Ronda

Círculo de Artistas (Ronda, mayo, 2018)

Conferencia.

La navegación astronómica a través de la historia. El problema de la Longitud

VIII Seminario "Navegación Astronómica". Semana Naval de la Armada.

Escuela de Guerra Naval (Madrid, septiembre, 2018).

Conferencia.

Instrumentos náuticos. Evolución histórica

VIII Seminario "Navegación Astronómica". Semana Naval de la Armada.
Escuela de Guerra Naval (Madrid, septiembre, 2018).
Conferencia.

Libros para la navegación y la ciencia: El patrimonio bibliográfico del Real Observatorio de la Armada

Curso 2018-2019 de la Real Academia de San Romualdo de Ciencias, Letras y Artes.
Centro de Congresos Cortes de la Real Isla de León (San Fernando, octubre, 2018).
Conferencia.



Figura 5.11: Conferencia sobre "Libros para la navegación y la ciencia" (Centro de Congresos Cortes de la Real Isla de León, San Fernando)

5.3.4. Publicaciones

El Quijote en la Biblioteca del Real Instituto y Observatorio de la Armada: Ediciones de los siglos XVIII, XIX y XX. Francisco J. González González. Revista Hispano Americana. Publicación digital de la Real Academia Hispano Americana de Ciencias, Artes y Letras (Cádiz), nº 7 (2017), 1-17. ISSN: 2174-0445.

http://revista.raha.es/17_cervantes02.pdf.

Técnicas e instrumentos de navegación en el siglo XVI. Francisco J. González González. Desperta Ferro Especiales: La Armada Española (I). El Mediterráneo siglo XVI (Madrid), nº 14 (2018), 74-77. ISSN: 2255-4734.

El Real Observatorio de la Armada (1753-2018): 265 años al servicio de la ciencia española. Francisco Javier Galindo Mendoza, Francisco José González González. E-Medida, Revista Española de Metrología (Madrid), v. 7, nº 14 (2018). ISSN 2341-1821.

<https://www.e-medida.es/numero-14/el-real-observatorio-de-la-armada-1753-2018-265-anos-al-servicio-de-la-ciencia-espanola/>.

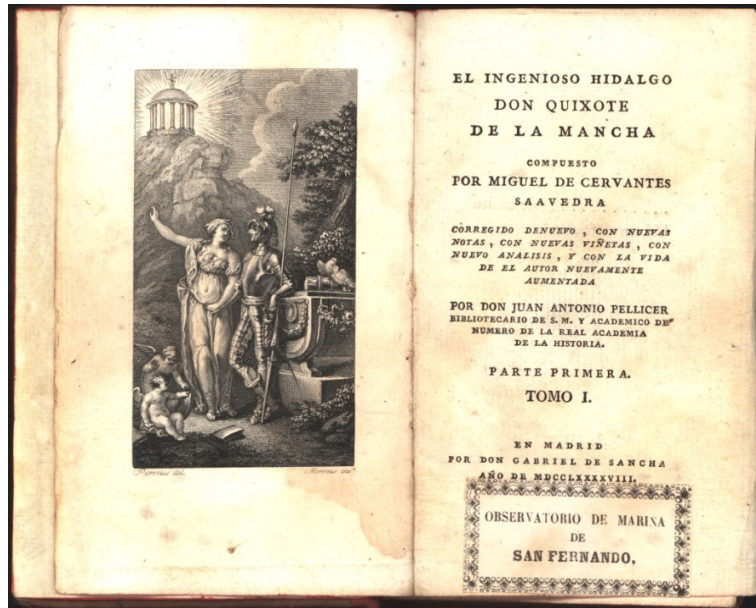


Figura 5.12: Portada de la edición del Quijote realizada en 1798 por Gabriel de Sancha

5.4. Personal

5.4.1. Personal

Durante el 2018, el personal asignado al Servicio de Biblioteca y Archivo fue el siguiente:

- Francisco José González González (Técnico Superior de Bibliotecas), Director Técnico.
- Francisco López Vico (Jefe de Negociado), Biblioteca y Archivo.
- Raquel Chamizo Gallo, contrato temporal de AsciiDirect para la Biblioteca Virtual de Defensa.

5.4.2. Comisiones de servicio

- T.S. Francisco José González.
Plasencia, Curso de Extensión de la UNED (9/10 marzo).
- T.S. Francisco José González.
Madrid, Subdirección General de Publicaciones y Patrimonio Cultural (23/24 abril).
- T.S. Francisco José González.
Ronda, Conferencia en el Centro Andaluz (18/19 mayo).
- T.S. Francisco José González.
Madrid, VIII Seminario Navegación Astronómica (24/26 septiembre)).

6. Escuela de Estudios Superiores de la Armada

La actual Escuela de Estudios Superiores de la Armada (EES) se identifica en sus orígenes con la propia Enseñanza Naval Militar (Compañía Náutica de Guardia Marinas), y con las primeras prácticas de la Astronomía Náutica en España (Observatorios Astronómicos). Vínculo, este último, que estará llamado a perpetuarse. Su historia puede seguirse a través de la legislación de cada época, y aunque en ocasiones se hayan producido discontinuidades, puede decirse que los Estudios Superiores en Ciencias siempre han estado ligados al Observatorio, primero en Cádiz y más tarde (desde el 1798) en San Fernando. Desde 1945, su funcionamiento en el Observatorio ha sido continuado y su actual nombre *Escuela de Estudios Superiores* procede de la reorganización de 1970.

La Escuela tiene por misión dar a reducidos grupos de Oficiales de la Armada una formación Físico-Matemática superior que les permita formar el núcleo de un profesorado cualificado en Ciencias Físico-Matemáticas para las Escuelas Superiores de la Armada y cubrir en general puestos que requieran una especial preparación científica y un conocimiento actual de la evolución de las Ciencias. La enseñanza está organizada en dos ciclos: Básico y Especialización.

Para cumplir la misión fundamental de la Escuela, el Ciclo Básico, (Curso de Estudios Superiores en ciencias Físico-Matemáticas, ES), está planificado de modo que cursado en su totalidad o en parte, eleve el nivel de preparación científica de los Oficiales seleccionados para una posterior especialización en las Escuelas Técnicas Superiores, Facultades Universitarias y Centros Científicos nacionales o extranjeros.

El Ciclo de Especialización, Máster en Astronomía y Geofísica (AG), con una duración de dos años, está fundamentalmente dirigido a la preparación para la investigación y la docencia del personal científico del Real Instituto y Observatorio de la Armada.

6.1. Cursos ES y AG impartidos

A lo largo del año 2018, se han impartido los siguientes cursos:

- XXX Curso de Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemáticas:
Este curso, de dos años de duración, comenzó el 1 de septiembre de 2016 y finalizó el 31 de julio de 2018.
Alumnos: TN. D. Victor de Ory Guimerá.
 AN. D. Julián Fiz Barrena.
- XXI Máster en Astronomía y Geofísica:
Este curso, de dos años de duración, comenzó el 1 de septiembre de 2016 y finalizó el 31 de julio de 2018, desarrollándose el segundo año en la Universidad del País Vasco (septiembre 2017 a julio 2018).
Alumnos: TN. D. Manuel Angel Sánchez Piedra.
 TN. D. Pedro Azorín Montesinos.
- XXXI Curso de Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemáticas:
Este curso, de un año de duración, comenzó el 3 de septiembre de 2018 y finalizará el 31 de julio de 2019.
Alumnos: AN. D. Jesús Romero González.
 AN. D. Antonio Estarellas Perales.
 AN. D. David Rodríguez Collantes.

- XXII Máster en Astronomía y Geofísica (Ciclo de Especialización):
Este curso, de dos años de duración, comenzó el 1 de septiembre de 2018 y finalizará el 31 de julio de 2020, estando previsto que el segundo año se desarrolle en universidades españolas (septiembre 2019 a julio 2020).
Alumnos: TN. D. Víctor de Ory Guimerá.
AN. D. Julián Fiz Barrena.



Figura 6.1: Inauguración del curso 2018-2019 en la Escuela de Estudios Superiores.

Los cursos anteriormente citados han sido impartidos por los siguientes profesores titulares y asociados:

- CN. (Reserva) D. José Martín Dávila.
- CN. D. Teodoro López Moratalla.
- CN. D. Francisco J. Galindo Mendoza.
- CN. D. Antonio A. Pazos García.
- CF. D. Manuel Catalán Morollón.
- CF. D. Héctor Esteban Pinillos.
- TN. ING. Don Juan Manuel González Sánchez (Profesor Asociado).
- TN. D. Sergio Borrallo Tirado.
- TN. D. Lluís Canals Ros
- TN. D. José Ángel Cibeira Urriaga.
- TN. D. Héctor Álvarez Martínez.
- TN. Dña. María del Carmen Vélez López.
- TN. D. Roberto Cabieces Díaz.
- TN. D. Pedro Azorín Montesinos
- STTE. (ERS) D. Luis Batanero Guerrero. (Profesor Asociado)
- STTE. (ADS-PRG) D. Rafael Márquez García. (Profesor Asociado)
- T.S. Dr. Francisco José González González. (Profesor Asociado).

6.2. Otras actividades

- Entre el 11 y el 15 de junio, en colaboración con el Centro Geográfico del Ejército y en el marco de las actividades programadas para el XXXIII Curso de Geodesia del E.T., varios profesores de la Escuela de Estudios Superiores impartieron diversas conferencias sobre los campos de actividad del ROA, a las que asistieron, además, los alumnos del XXX Curso de EESS.



Figura 6.2: Jornadas del XXXIII curso de Geodesia del ET, en el salón de actos de la EES.

- Durante los días 3 y 4 de octubre, tuvo lugar en la Escuela de Estudios Superiores el curso de formación sobre “operación y mantenimiento del receptor Galileo PRS”, que se enmarca en el expediente de Servicios de la Plataforma de Pruebas de la señal PRS (PLATRS) de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM), dentro de las actuaciones que lleva a cabo el Ministerio de Defensa en relación con el servicio PRS Galileo.



Figura 6.3: Foto de grupo de asistentes al curso y la Dirección del Observatorio

- Encuadradas dentro del plan docente previsto para la formación de los oficiales alumnos del XXXI curso ES y del XXII máster AG, se celebraron las siguientes conferencias a las que asistieron, además de los alumnos y profesores de la Escuela de Estudios Superiores, el personal científico-técnico de las diversas secciones del ROA:
 - El día 13 de septiembre se celebró la conferencia titulada “La basura espacial: la contaminación invade el espacio”, a cargo del Doctor Jorge Núñez de Murga, catedrático de la Universidad de Barcelona, académico de número de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona y Director del Observatorio Fabra.



Figura 6.4: El Dr. Núñez tras finalizar la conferencia, junto al Director de la EES

- El día 18 de diciembre se celebró la conferencia titulada “Nuevas aplicaciones en el uso de fibra óptica”, a cargo del Doctor Pedro Corredera Guillén, investigador científico del Instituto de Óptica “Daza de Valdés” del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

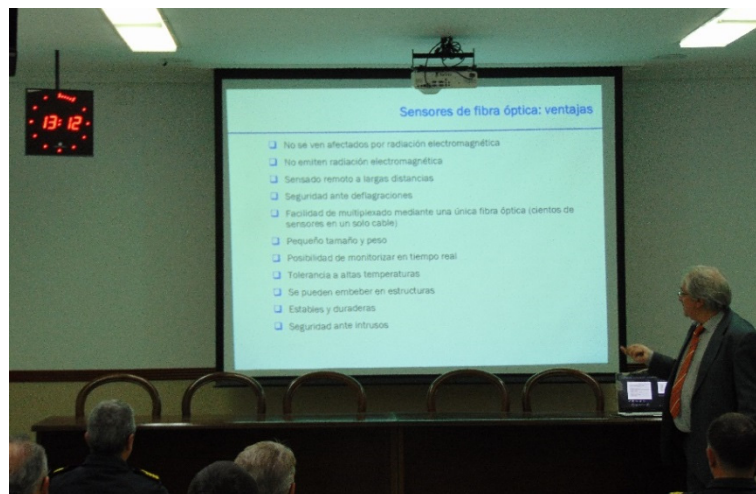


Figura 6.5: El Dr. Corredera durante su conferencia en el Salón de Actos de la EES.

A. Actividad Científica

A.1. Publicaciones

A.1.1. Publicaciones editadas por el Observatorio

A lo largo del año 2018, se realizaron las siguientes publicaciones oficiales:

- Almanaque Náutico 2019, con suplemento para la navegación aérea.
- Efemérides Astronómicas 2019.
- Anales 2017. Observaciones Meteorológicas, Sísmicas y Geomagnéticas.
- Investigaciones Científicas desarrolladas por el Real Instituto y Observatorio de la Armada en el año 2017.
- Boletín ROA 01-2018. Beca Fundación Alvargonzález 2017. “Aplicación de las técnicas de localización de Array a las señales registradas por las antenas sísmicas del Real Instituto y Observatorio de la Armada”. Dña. María Araceli García Yeguas.

A.1.2. Artículos en revistas

A lo largo del año 2018, el personal científico del Real Instituto y Observatorio de la Armada ha publicado un total de 10 artículos (ver los apartados correspondientes de las secciones científicas para más información) en revistas nacionales e internacionales:

- **Título:** Proyecto de mejora del telescopio TFRM en el marco del apoyo SST de la UE.
Revista: VI Congreso Nacional de i+d en Defensa y Seguridad 2018. <https://publicaciones.defensa.gob.es/desei-d-2018-vi-congreso-nacional-de-i-d-en-defensa-y-seguridad.html>.
Autores: L. Canals; J. Núñez; R. López
- **Título:** Geothermal heat flux reveals the Iceland hotspot track underneath Greenland.
Revista: Geophysical Research Letters, 44, 11417-11426. DOI 10.1029/2018GL078289.
Autores: Y.M. Martos, T.A. Jordan, M. Catalán, T. M. Jordan, J.L. Bamber, y D. Vaughan.
- **Título:** Statistical analysis of the oceanic magnetic anomaly data.
Revista: Physics of the Earth and Planetary Interiors.
Autores: A. de Santis, F.J. Pavón-Carrasco, F. Ferraccioli, M. Catalán, T. Ishihara.
- **Título:** La amenaza de la basura espacial.
Revista: Revista Española de Defensa
Autores: M. Catalán.
- **Título:** Imaging the Growth of Recent Faults: The Case of 2016–2017 Seismic Sequence Sea Bottom Deformation in the Alborán Sea (Western Mediterranean).
Revista: Tectonics, 37, 2513-2530, DOI: 10.1029/2017TC004941.

Autores: J. Galindo-Zaldivar, G. Ercilla, F. Estrada, M. Catalán, E. d'Acremont, O. Azzouz, A. D. Casas, M. Chourak, J. T. Vazquez, A. Chalouan, C. Sanz de Galdeano, M. Benmakhlouf, C. Gorini, B. Alonso, D. Palomino, J. A. Rengel, and A. J. Gil.

- **Título:** A short geological evolution history for the Alborán sea basin.
Revista: Springer monographic issue on Alboran Basin.
Autores: J.T. Vázquez, G. Ercilla, B. Alonso, M. Catalán, F. Estrada, C. Juan, J. Galindo-Zaldivar, D. Palomino, C. Sanz de Galdeano, R. Vegas, A. Ammar, A. Chalouan, E. d'Acremont, Ch. Gorini, D. do Couto, O. Azzouz, M. Benmakhlouf.
- **Título:** Use of software-defined radio receivers in two-way satellite time and frequency transfers for UTC computation.
Revista: Metrologia.
Autores: Z. Jiang, V. Zhang, Y. Huang, J. Achkar, D. Piester, S.-Y. Lin, W. Wu, A. Naumov, S.-H. Yang, J. Nawrocki, I. Sesia, C. Schlunegger, Z. Yang, M. Fujieda, A. Czubla, H. Esteban, C. Rieck, and P. Whibberley.
- **Título:** El Quijote en la Biblioteca del Real Instituto y Observatorio de la Armada: Ediciones de los siglos XVIII, XIX y XX.
Revista: Publicación digital de la Real Academia Hispano Americana de Ciencias, Artes y Letras (Cádiz).
Autores: Francisco José González González.
- **Título:** Técnicas e instrumentos de navegación en el siglo XVI.
Revista: Desperta Ferro Especiales: La Armada Española (I).
Autores: Francisco José González González.
- **Título:** El Real Observatorio de la Armada (1753-2018): 265 años al servicio de la ciencia española.
Revista: E-Medida, Revista Española de Metrología (Madrid).
Autores: F.J. Galindo Mendoza y F.J. González González.

A.2. Comunicaciones en congresos

A lo largo del año 2018, el personal científico del ROA ha presentado un total de 3 comunicaciones en congresos nacionales y 11 en congresos internacionales:

A.2.1. Nacionales

- **Autores:** Lluís Canals Ros y José Luis Gutiérrez Sacristán.
Título: Sistemas de vigilancia y seguimiento espaciales: sensores ópticos.
Congreso: Contribuciones Españolas al Programa de Vigilancia y Seguimiento de Objetos Espaciales (SST).
Lugar: León, del 12 al 13 de julio.
- **Autores:** Lluís Canals Ros y José Luis Gutiérrez Sacristán.
Título: Proyecto de mejora del telescopio TFRM en el marco del apoyo SST de la UE.
Congreso: VI Congreso Nacional de i+d en Defensa y Seguridad 2018.
Lugar: Valladolid, del 20 al 22 de noviembre.

A.2.2. Internacionales

- **Autores:** H. Esteban.
Título: Project 1156. EURAMET G1G2 calibration organized by ROA.
Congreso: EURAMET TC-TF.
Lugar: Lisboa (Portugal), del 7 al 8 de marzo.
- **Autores:** H. Álvarez-Martínez, Y. Le Coq, R. Le Targat.
Título: Operational transfer of spectral purity at LNE-SYRTE.
Congreso: 32nd European Frequency and Time Forum.
Lugar: Turín (Italia), del 10 al 12 de abril.
- **Autores:** L. De Sarlo, M. Favier, V. Cambier, J. Calvert, C. Guo, J. Lodewyck, H. Álvarez-Martínez, Y. Le Coq, R. Le Targat, E. Cantin, D. Xu, O. Lopez, A. Amy-Klein, G. Santarelli, Ch. Chardonnet, P.-E. Pottie, N. Huntemann, C. Sanner, R. Lange, B. Lipphardt, Chr. Tamm, E. Peik, R. Schwarz, A. Al-Masoudi, S. Dörscher, Ch. Lisdat, E. Benkler, S. Koke, A. Kuhl, T. Waterholter, G. Grosche y S. Bize.
Título: Exploiting coherent fiber links with a Hg optical lattice clock.
Congreso: 32nd European Frequency and Time Forum.
Lugar: Turín (Italia), del 10 al 12 de abril.
- **Autores:** R. Cabièces, A. Yeguas, A. Pazos, and F. Krüger.
Título: Characterization and applicability of an Ocean Bottom Seismometer Array to detect incoherent seismic signals.
Congreso: EGU General Assembly 2018.
Lugar: Viena (Austria), del 8 al 13 de abril.
- **Autores:** R. Cabièces, Buform E., and A. Pazos.
Título: Hypocentral determinations for earthquakes in Cape Saint Vincent using OBS and land stations.
Congreso: EGU General Assembly 2018.
Lugar: Viena (Austria), del 8 al 13 de abril.
- **Autores:** A. Villaseñor, R. Cabièces, S. Ventosa, and M. Schimmel.
Título: Shallow velocity structure of NE South America and SE Caribbean from ambient noise tomography.
Congreso: EGU General Assembly 2018.
Lugar: Viena (Austria), del 8 al 13 de abril.
- **Autores:** J. Calvert, L. De Sarlo, V. Cambier, C. Guo, M. Favier, J. Lodewyck, H. Álvarez-Martínez, Y. Le Coq, R. Le Targat, E. Cantin, D. Xu, O. Lopez, A. Amy-Klein, G. Santarelli, Ch. Chardonnet, P.-E. Pottie, N. Huntemann, C. Sanner, R. Lange, B. Lipphardt, Chr. Tamm, E. Peik, R. Schwarz, A. Al-Masoudi, S. Dörscher, Ch. Lisdat, E. Benkler, S. Koke, A. Kuhl, T. Waterholter, G. Grosche y S. Bize.
Título: Exploiting highly accurate frequency ratio measurements over coherent fiber links for exploring fundamental physics problems 1.
Congreso: 10th International Conference on Precision Physics of Simple Atomic Systems.
Lugar: Viena (Austria), del 14 al 18 de mayo.

- **Autores:** H. Álvarez-Martínez, Y. Le Coq, R. Le Targat.
Título: Ultra-narrow laser techniques to connect the 6 LNE-SYRTE atomic clocks.
Congreso: J'Doc 2018 for PhD students in cold atoms, Ecole Normale Supérieure.
Lugar: París (Francia), de 7 al 8 de junio.
- **Autores:** J. Gillot, J. Barbarat, H. Álvarez-Martínez, R. Le Targat, P.E. Pottie, Ph. Tuckey and O. Acef.
Título: Infrared and Visible ultrastable Optical Frequency Standard.
Congreso: Conference on Precision Electromagnetic Measurements.
Lugar: París (Francia), de 8 al 13 de julio.
- **Autores:** J. Grotti, S. B. Koller, St. Vogt, S. Herbers, S. Hafner, U. Sterr, A. Al-Masoudi, S. Dorschner, R. Schwarz, Ch. Lisdat, A. Kuhl, S. Koke, T. Waterholter, G. Grosche, E. Benkler, M. Pizzocaro, P. Thoumany, B. Rauf, F. Bregolin, A. Tampellini, P. Barbieri, M. Zucco, G. A. Constanzo, C. Clivati, F. Levi, A. Mura, D. Calonico, F. Baynes, A. Rolland, H. S. Margolis, R. Le Targat, H. Álvarez-Martínez, J. Lodewyck, A. Amy-Klein, O. Lopez, E. Cantin, P.-E. Pottie, Ch. Voigt, L. Timmen, H. Denker.
Título: Transportable optical lattice clock-measurement campaigns and characterisation.
Congreso: 26th International Conference on Atomic Physics.
Lugar: Barcelona, del 22 al 27 de julio.
- **Autores:** R. Cabièces, F. Krüger, A. Yeguas, A. Pazos, and A. Villaseñor.
Título: New methodology to estimate the slowness vector: Application in Ocean Bottom Seismometer Incoherent Array.
Congreso: 36th General Assembly of the European Seismological Commission.
Lugar: La Valleta (Malta), del 2 al 7 de septiembre.
- **Autores:** H. Álvarez-Martínez, C. Baerentsen, Y. Le Coq, R. Le Targat.
Título: Main services and activities at LNE-SYRTE LAB 1.
Congreso: Journées du SYRTE 2018, Délégation regional du CNRS de Meudon.
Lugar: París (Francia), del 6 al 7 de noviembre.

A.3. Participación en comités, congresos y reuniones

A.3.1. Nacionales

- El 9 de enero se celebra la comisión mixta del convenio ROA-RACAB-IECC en Barcelona, a la que asiste en el TN. Lluís Canals Ros en representación del ROA, además de los representantes de la RACAB e IECC.
- El 19 de enero, el TN. Pedro Azorín Montesinos acude a la conferencia "Observaciones Early Release Science del Sistema de Júpiter con el telescopio espacial James Webb", en el Aula Espazio Gela de la Universidad del País Vasco.
- El día 29 de enero, el CF. Antonio A. Pazos García asiste en Vilanova i la Geltrú a la defensa de una tesis doctoral en la UPC, actuando como presidente del tribunal.

Actividad Científica

- El 30 y 31 de enero, el CN. Teodoro Jesús López Moratalla, Director del ROA, el CN. Francisco Javier Galindo Mendoza, Subdirector, y el CC. Héctor Esteban Pinillos, Jefe de la Sección de Hora, viajan a Madrid para asistir a la 12ª reunión de seguimiento del convenio marco MINISDEF y la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre – Real Casa de la Moneda (FNMT-RCM). Los dos CN. citados aprovechan el viaje para mantener reuniones en el CGA con motivo del relevo de mando del ROA.
- Durante la semana del 19 al 23 de febrero, el TN. Pedro Azorín Montesinos asiste a los seminarios de la Semana de la Ciencia de la ESA, organizados en el Aula Espazio Gela de la Universidad del País Vasco.
- El 22 de febrero, el Director del ROA, CN. Francisco Javier Galindo Mendoza, asiste a la reunión del patronato de la Fundación Descubre en Córdoba.
- Entre el 9 y 10 de marzo, el T.S. Francisco José González asiste al Curso de Extensión de la UNED celebrado en Plasencia.
- Del 12 al 14 de marzo, el CN. Francisco Javier Galindo Mendoza asiste en Madrid a una reunión en el CGA tras el relevo de mando, y a la reunión de la Comisión Técnica Asesora de Metrología y Calibración de la Defensa (CTAMCD) en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).
- Del 12 al 14 de marzo, el CC. Héctor Esteban Pinillos viaja a Madrid, para asistir por un lado, a la reunión de la Comisión de Laboratorios Asociados al Centro Español de Metrología (CLA-CEM) y por otro, a la reunión de la Comisión Técnica Asesora de Metrología y Calibración de la Defensa (CTAMCD), ambas en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).
- Del 13 al 14 de marzo, el TN. Juan M. González Sánchez viaja a Torrejón de Ardoz (Madrid), para asistir como vocal del INSOB a la reunión de la Comisión Técnica Asesora de Metrología y Calibración de la Defensa (CTAMCD), en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).
- El 9 de abril, el CF. Manuel Catalán Morollón participa en la primera reunión del Grupo de Trabajo de Datos Marinos, encargado de constituir el Banco de Datos Marino–Proyectos I+D+i. Dicha reunión tuvo lugar en el Instituto Español de Oceanografía en Madrid.
- El 19 de abril, el Director, CN. Francisco Javier Galindo Mendoza, asiste en Madrid a la toma de posesión del AJESACIS, Excmo. Sr. CA. Fernando Poole Quintana.
- Los días 23 y 24 de abril, el T.S. Francisco José González asiste en Madrid a una reunión de la Subdirección General de Publicaciones y Patrimonio Cultural.
- Del 8 al 9 de mayo, el TN. Juan M. González Sánchez viaja a Madrid para asistir a la reunión del grupo de trabajo PRS de Defensa.
- El 9 de mayo tiene lugar la reunión del Comité Director del Plan de Investigación Científica de la Zona Económica Exclusiva. Dicha reunión tiene

Actividad Científica

lugar en el acuartelamiento de RETAMARES (Madrid), asistiendo el Director del Observatorio, CN. Francisco Javier Galindo Mendoza, y el Jefe de la Sección de Geofísica, CF. Manuel Catalán Morollón.

- El 11 de mayo se celebra la novena reunión del Grupo de Cartografía Marina, en la que participa el CF. Manuel Catalán Morollón.
- Del 23 al 24 mayo, el CC. Héctor Esteban Pinillos y el TN. Juan M. González Sánchez viajan a Madrid para asistir a la reunión de la Comisión de Laboratorios Asociados al Centro Español de Metrología (CLA-CEM), sobre seguimiento de los sistemas de gestión de la calidad y actualización a la ISO/IEC 17025:2017, en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).
- El 14 de junio, el TN. Lluís Canals Ros realiza comisión de servicio en Barcelona para asistir, como responsable científico del convenio ROA-RACAB, a la clausura del curso RACAB 2018.
- El 17 y 18 de junio, el CN. Antonio A. Pazos García y el TN. Roberto Cabieces Díaz asisten en Madrid a una reunión sobre la red sísmica de banda ancha Western Mediterranean.
- Del 20 al 21 de junio, el CC. Héctor Esteban Pinillos y el TN. Juan M. González Sánchez viajan a Madrid, para asistir a la reunión de la Comisión Técnica Asesora de Metrología y Calibración de la Defensa (CTAMCD) en el Campus de la Marañosa del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).
- El 25 de junio, el CN. Francisco Javier Galindo Mendoza asiste en Granada a la reunión del patronato de la Fundación Descubre, de la que el ROA es patrono.
- El 25 de julio participan en una reunión, preparatoria de la próxima convocatoria de proyectos de I+D+i, en el Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales (INTA), el CN. Francisco J. Galindo Mendoza y el CF. Manuel Catalán Morollón.
- El 19 de septiembre, el CF. Manuel Catalán Morollón participa en la segunda reunión del Grupo de Trabajo de Datos Marinos. Dicha reunión tuvo lugar en el Instituto Español de Oceanografía de Madrid.
- El 2 de octubre, el CN. Antonio A. Pazos García asiste en el CGA, Madrid, a una reunión de trabajo sobre la definición de plantillas de personal civil.
- El 5 de octubre, el CF. Manuel Catalán Morollón participa en Madrid en el tribunal de adjudicación del premio “García- Siñeriz” a la mejor tesis doctoral de Geofísica, correspondiente al año 2017.
- El 29 de octubre, el CF. Manuel Catalán Morollón participa en la “I Jornada Fuerzas Armadas y Medios de Comunicación” convocada por la Dirección General de Reclutamiento y Enseñanza Militar, en la Academia Central de la Defensa en Madrid.

Actividad Científica

- Del 30 al 31 de octubre, el TN. Juan M. González Sánchez se desplaza al Instituto de Salud “Carlos III” (ISCIII), Madrid, para realizar visita de supervisión como auditor técnico.
- Del 21 al 23 de noviembre, el TN. Lluís Canals Ros viaja a Valladolid para asistir al VI Congreso Nacional de I+D en Defensa y Seguridad.
- El 21 de noviembre, el CN. Antonio A. Pazos García y el TN. Roberto Cabieces Díaz asisten en Madrid a una reunión sobre la red sísmica de banda ancha Western Mediterranean.
- El 22 de noviembre, el CF. Manuel Catalán Morollón participa en la décima reunión del Grupo de Trabajo de Cartografía Marina en Madrid.
- Del 28 de noviembre al 2 de diciembre, el TN. Juan M. González Sánchez viaja a Madrid para asistir a la reunión del grupo de trabajo PRS de Defensa.
- Del 3 al 5 de diciembre, el CF. Héctor Esteban Pinillos viaja a Granada, para asistir como miembro del tribunal en la defensa de la tesis doctoral “Dependable Systems Over Synchronous Networks”, en la Universidad de Granada.
- Del 9 al 10 de diciembre, el CF. Héctor Esteban Pinillos viaja a Madrid, para asistir a la reunión de Planificación del Futuro Conjunto de la Metrología Cuántica en el Centro Español de Metrología (CEM).
- El 10 y 11 de diciembre, el Director, CN. Francisco Javier Galindo Mendoza, asiste a dos reuniones en Madrid. La primera de la Comisión Nacional de Astronomía, de la que el Director del ROA es vocal nato, y la segunda en el Centro Español de Metrología (CEM).
- El 17 de diciembre, el CN. Antonio A. Pazos García asiste a la reunión convocada por la fundación CEIMAR, en el campus de Puerto Real, con motivo de la presentación de la solicitud de Campus Europeos.
- El 18 de diciembre, el Director, CN. Francisco Javier Galindo Mendoza, y el TN. Lluís Canals Ros, asisten en Barcelona a la reunión del Comité Director del convenio ROA-RACAB.

A.3.2. Internacionales

- Del 6 al 9 de marzo, el CC. Héctor Esteban Pinillos viaja a Lisboa (Portugal) para asistir a la reunión del Comité Técnico de Tiempo y Frecuencia (TC-TF), de la Asociación Metrológica Europea (EURAMET).
- Del 9 al 13 de abril, el TN. Roberto Cabieces Díaz asiste en Viena (Austria) a la EGU General Assembly 2018.
- Entre el 17 y 20 de abril, el TN. Juan Manuel González Sánchez asiste en París (Francia) a la reunión del Comité Técnico de Calidad (TC-Q) de EURAMET.
- Del 6 al 10 de junio, el CC. Héctor Esteban Pinillos viaja a Varsovia (Polonia) para asistir a la reunión del Grupo de Trabajo sobre técnicas de Transferencia

de Tiempo y Frecuencia mediante Doble Encaminamiento, del Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia (CCTF WG on TWSTFT).

- Del 26 de agosto al 5 de septiembre, el TN. Roberto Cabieces Díaz asiste en La Valeta (Malta) a la 36th General Assembly of the European Seismological Commission.
- Del 10 al 12 de septiembre, el TN. Juan M. González Sánchez viaja a Noordwijk (Holanda), para asistir a la reunión inicial de la primera ayuda específica (SG1) para el apoyo del Galileo Reference Centre (GRC).
- Del 25 al 28 de septiembre, el CC. Héctor Esteban Pinillos viaja a París (Francia), para realizar auditoría técnica de calidad a la Sección de Tiempo de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM).
- Entre el 1 y 12 de noviembre, el CF. Manuel Catalán Morollón asiste al 2018 ILRS Technical Workshop y participa en el grupo de trabajo de estaciones láser, ambos eventos tienen lugar en Camberra (Australia).

A.4. Campañas, Calibraciones y Mantenimientos

- Del 8 de enero al 19 de febrero, el CF. Manuel Catalán Morollón participa en la campaña antártica DRAKE-2018, liderada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y por el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT).
- Del 20 al 22 de febrero, el TN. Roberto Cabieces Díaz y el TM Jesús Quijano Junquera viajan a Alcoy (Alicante) para instalar una estación sísmica de banda ancha en la base AITANA del Ejército del Aire.
- El 26 de febrero, el TN. Roberto Cabieces Díaz, el TM Jesús Quijano Junquera y los TS Francisco J. Gallego Carrasco y José A. Peña García viajan a la ciudad autónoma de Melilla, utilizando un vuelo logístico de la 4^a Escuadrilla de Aeronaves, para mantenimiento de las estaciones sísmica y GNSS.
- Del 2 al 6 de mayo, el TN. Lluís Canals Ros se traslada a Lleida para el mantenimiento del Telescopio Fabra-ROA en el Montsec (TRFM), instalado en el Observatorio Astronómico del Montsec (ODM).
- El 3 de mayo, los TS Guillermo Muñoz-Delgado Serrano y José A. Peña García realizan el mantenimiento de la estación sísmica de Algodonales (Cádiz).
- El día 9 de mayo se realiza el mantenimiento de la estación sísmica de Sierra Aljibe (Alcalá de los Gazules, Cádiz) a cargo de los TS Guillermo Muñoz-Delgado Serrano y José A. Peña García.
- Entre el 29 de mayo y el 26 de junio, el CF. Manuel Catalán Morollón y el TM. Jesús Quijano Junquera embarcan en el BIO Hespérides para participar en la Campaña ZEEE 2018 en aguas canarias, dentro del Plan de Investigación Científica de la Zona Económica Exclusiva ZEEE (PIC-ZEEE).
- El 31 de mayo, los TS Guillermo Muñoz-Delgado Serrano y José A. Peña García reparan in situ la estación sísmica de Algodonales (Cádiz).

- Del 6 al 8 de junio, los TN. José A. Cibeira Urtiaga y Roberto Cabieces Díaz, el TM Jesús Quijano Junquera y el TS Guillermo Muñoz-Delgado Serrano, realizan reparaciones y mantenimientos de las estaciones sísmicas y GNSS de Melilla, peñón de Vélez e islas Chafarinas.
- Entre el 30 de junio y el 11 de julio, el TN. Lluís Canals Ros realiza los mantenimientos preventivos del TRFM, tras la finalización de la campaña de observación del primer trimestre.
- El 31 de julio, el TN. Roberto Cabieces Díaz instala el sistema de comunicaciones de la estación sísmica de Tarifa.
- Del 17 al 22 de septiembre, el TN. Lluís Canals Ros y el ITA Ricardo López Morcillo se trasladan al Observatorio Astronómico del Montsec (ODM), en el pirineo leridano, para la colimación y mantenimiento preventivo del TRFM.
- Entre el 24 y 26 de septiembre, el TN. Pedro Azorín Montesinos se traslada a Bilbao para defender el TFM en la Universidad del País Vasco.
- El 27 de septiembre se realiza el mantenimiento de la estación GPS de Ceuta a cargo del TM Jesús Quijano Junquera y el TS José A. Peña García.
- El 10 de octubre, el TM Jesús Quijano Junquera y el TS Francisco J. Gallego Carrasco realizan el volcado de datos y mantenimiento de la estación sísmica de Tarifa (Cádiz).
- El 11 de diciembre, se realiza la reparación y mantenimiento de la estación GPS de Ceuta.

A.5. Cursos y Estancias de Trabajo

- Los días 27 y 28 de enero, la TN. María del Carmen Vélez López efectúa en Turín (Italia), el curso de trampas ópticas e incertidumbres sistemáticas asociadas a patrones ópticos de tiempo.
- Del 7 al 10 de mayo, el STTE. Luis Batanero Guerrero acude a Salamanca a las Jornadas técnicas REDIRIS.
- Entre el 23 y el 25 de mayo, el TN. Roberto Cabieces Díaz efectúa una estancia de trabajo en la Universidad Complutense de Madrid para coordinación de la red sísmica WM y preparación de trabajos a presentar en la ESC 2018.
- Entre el 3 de septiembre y el 28 de diciembre, el TN. Manuel A. Sánchez Piedra realiza trabajo de fin de máster en el Centro Europeo de Astronomía Espacial (ESAC), en Villanueva de la Cañada (Madrid).
- Del 8 al 15 de junio, la TN. María del Carmen Vélez López asiste, en Boulder (Colorado, EE.UU.), al seminario de medidas de tiempo y frecuencia NIST 2018.
- Del 25 de noviembre al 1 de diciembre, el TN. Roberto Cabieces Díaz realiza una estancia de trabajo en el Instituto de Ciencias de la Tierra “Jaume Almera”

de Barcelona, al objeto de preparar un trabajo sobre el estudio de modelos de propagación de ondas sísmicas 3D.

- Del 9 al 11 de diciembre, el TN. Roberto Cabieces Díaz se traslada a Madrid para asistir a las Jornadas de doctorado 2018 de la UCM.

A.6. Proyectos de Investigación

A.6.1. Proyectos, Acciones Especiales y Complementarias

Durante el año 2018, se han mantenido los siguientes Proyectos de Investigación y Acciones Especiales:

- Contribución de la estación láser de seguimiento de satélites artificiales del ROA: a) la determinación del Sistema Internacional de Referencia Terrestre y b) al seguimiento de basura espacial. (ITRF-SFEL-BE). (Ficha 17/2018). Ver apartado 3.5.
- Proyecto del Mapa Mundial de Anomalías Magnéticas (WDMAM) (2ª edición). (Ficha 15/2018). Ver apartado 3.5.
- Proyecto TASMANDRAKE. (Ficha 16/18). Ver apartado 3.6.1.
- AMIGA6 (AYA2015-65973-C3-1-R): Gas en el interior y en el entorno de las galaxias. Preparación científica para SKA y contribución al diseño del flujo de datos (Ficha 34/2018). Ver apartado 4.4.
- Calibraciones de enlaces GPS en apoyo del CCTF-K001.UTC. (Proyecto 1156 EURAMET). (Ficha 20/2018). Ver apartado 4.4.

Además de los proyectos mencionados, se han mantenido o iniciado los siguientes proyectos y actividades científicas incluidos en el Plan de actividades de investigación científica y técnica de la Armada 2018:

- (12/2018) Seguimiento de satélites artificiales por técnicas laser y GNSS.
- (13/2018) Observatorio sismológico de la Armada.
- (14/2018) Plan de Investigación Hidrográfico-oceanográfico de la ZEE española (ROA).
- (18/2018) Observatorio Geomagnético de la Armada.
- (19/2018) Convenio específico entre el MINISDEF y la FNMT-RCM, al objeto de establecer un servicio de fechado digital.
- (21/2018) Protocolo de Actuación MINISDEF y MAPAMA, al objeto de establecer un servicio de certificación de fecha y hora.

Actividad Científica

- (22/2018) Acuerdo de Colaboración ROA y Colegio Registradores Propiedad y Mercantiles España.
- (23/2018) Protocolo de Actuación MINISDEF y MHAP para un servicio de certificación de fecha y hora.
- (24/2018) Diseminación de tiempo, en abierto, vía NTP y vía telefónica.
- (25/2018) Contribución a la realización de UTC Rápida (UTCr).
- (26/2018) Realización y mantenimiento de UTC (ROA), base de la hora legal española.
- (27/2018) Galileo Full Operational Capability Timing and Geodetic Validation Facility.
- (28/2018) Servicio de calibración a clientes en tiempo y frecuencia.
- (29/2018) Convenio Marco de colaboración entre el MINISDEF y Vodafone España, para el suministro y certificación de la Fecha y Hora oficial.
- (30/2018) Cálculo, edición y difusión de las Efemérides Astronómicas.
- (31/2018) Operaciones Post-iniciales y de mantenimiento de los sensores ópticos Fase I.
- (32/2018) Establecimiento de bases de gravimetría absoluta y relativa en la Rep. Dominicana. Aplicaciones Geofísicas y Geodésicas.
- (33/2018) Mitigación de los efectos causados por terremotos mediante alerta sísmica temprana en el mar de Albarán y zonas adyacentes (METAS).
- (35/2018) Support for the Galileo Reference Centre.
- (36/2018) Galileo Service Operator (GSOp).
- (37/2018) EGNOS Service Performance Monitoring Support (SPMS).

A.6.2. Beca Fundación Alvargonzález

La Beca “Real Instituto y Observatorio de la Armada” correspondiente al año 2018 fue concedida a Don José Luis Sacristán Gutiérrez, por su proyecto: “Mejora de los algoritmos de reducción astrométrica empleados para la determinación de órbitas de satélites geoestacionarios y geosíncronos.

B. Otras actividades

B.1. Hechos notables.

- El jueves, 15 de febrero, tuvo lugar la visita del Almirante General, Excmo. Sr. D. Teodoro López Calderón, Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada, acompañado del Almirante, Excmo. Sr. D. Antonio Manuel Fernandes da Silva Ribeiro, Chefe do Estado-Maior da Armada de Portugal.

A su llegada, fue recibido por el Director del Observatorio, CN. Teodoro López Moratalla, realizándose una fotografía de grupo frente al edificio principal.



Figura B.1: Foto de grupo en la fachada del Edificio Principal.

A continuación el CN. Teodoro López Moratalla, Director del Observatorio, expuso en el salón de actos del Centro la actividad científica y técnica del Observatorio. Posteriormente se realizó una visita a sus dependencias, entre las que se encontraban las nuevas instalaciones del laboratorio de Hora. La visita finalizó con la firma en el Libro de Oro.

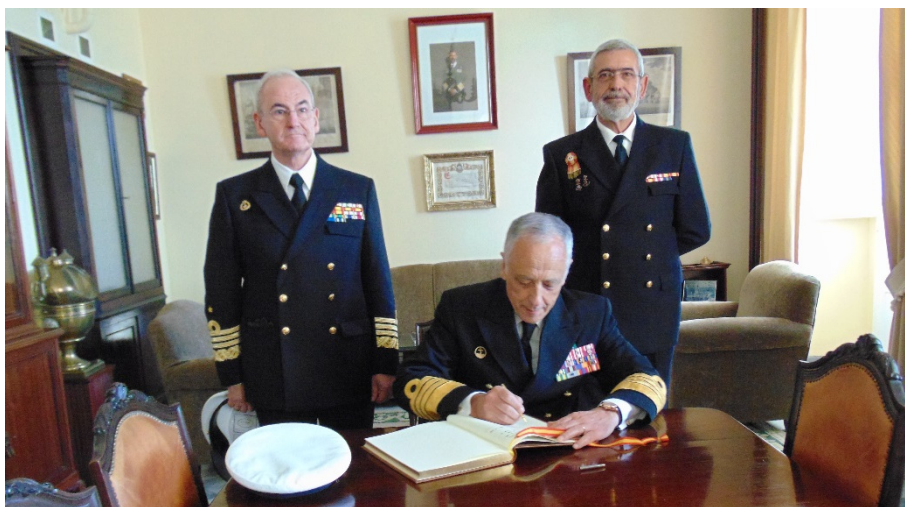


Figura B.2: Firma en el Libro de Oro del Observatorio.

Otras actividades

- El viernes, 16 de febrero, tuvo lugar el relevo de Comandante-Director del Real Instituto y Observatorio de la Armada, pasando del CN. D. Teodoro Jesús López Moratalla al CN. D. Francisco Javier Galindo Mendoza. El relevo estuvo intervenido por el Contralmirante, Excmo. Sr. D. Gonzalo Sanz Alisedo, Almirante Jefe de Servicios Generales, Asistencia Técnica y Sistemas de Información y Telecomunicaciones.



Figura B.3: Momento de la ceremonia de relevo de mando.

El CN. López Moratalla deja la Dirección del Centro tras más de treinta años destinado en el Observatorio, la mayor parte de ellos en la Sección de Efemérides, de la cual fue su Jefe desde el año 1996.



Figura B.4: Alocución del Director saliente.

El CN. Galindo Mendoza es el vigesimonoveno Director del Observatorio desde 1753, año en el que este Centro (el observatorio astronómico más antiguo de España) se crea en Cádiz, en la sede de la Compañía de Guardiamarinas. Hasta la fecha había ejercido el cargo de Subdirector, y anteriormente ha sido el Jefe de la Sección de Hora, a la que ha estado ligado durante la mayor parte de su trayectoria profesional.

Otras actividades

- El miércoles, 7 de marzo, tiene lugar en la Base Naval de Rota el acto de honras fúnebres por el fallecimiento en acto de servicio, a bordo del Buque de Investigación Oceanográfica "Hespérides", del Capitán de Fragata D. Francisco Javier Montojo Salazar.



Figura B.5: Momento de la ceremonia del acto de honras fúnebres.

Pese a haber cesado en el Observatorio por cambio de destino, el CF. D. Francisco Javier Montojo Salazar estaba ligado a él tras dedicarle más de diecisiete años de su vida profesional, la mayor parte de ellos en la Sección de Astronomía, desde donde contribuyó de forma notable al desarrollo del TRFM.

Al acto, presidido por la Ministra de Defensa, Exma. Sra. Dña. María Dolores Cospedal García, asistió una numerosa representación del ROA que quiso acompañar a la familia en tan duros momentos.



Figura B.6: El AJEMA entregando la bandera y la gorra a los familiares.

Sirvan estas líneas como homenaje a uno de los oficiales que ha contribuido al engrandecimiento de nuestra Armada, y en particular de este Observatorio. Descanse en paz.

Otras actividades

- El 18 de abril tuvo lugar una visita de suboficiales mayores en la Bahía de Cádiz, de la Armada, de los Cuerpos Comunes y de la Guardia Civil, al Real Instituto y Observatorio de la Armada.



Figura B.7: Palabras de bienvenida del CN. Comandante-Director.

Los suboficiales mayores fueron recibidos por el CN. Comandante-Director, Don Francisco Javier Galindo Mendoza y el Subdirector del Centro, CF. Don Antonio Pazos Garcia. Tras las palabras de bienvenida del Comandante-Director y la celebración de un café de cortesía, se mostró un vídeo institucional del Observatorio, a lo que siguió un recorrido por las instalaciones más características del Centro.



Figura B.8: Foto de grupo frente a la fachada del Edificio Principal.

La visita se dio por finalizada después de tomarse la tradicional foto de grupo en las escalinatas del Edificio Principal, como recuerdo de dicho evento.

Otras actividades

- El viernes, 14 de septiembre, tiene lugar la primera visita oficial del Excmo. Sr., Almirante Jefe de Servicios Generales, Asistencia Técnica y Sistemas de Información y Telecomunicaciones, contralmirante Fernando Poole Quintana.



Figura B.9: Foto de S.E. con la dotación del Observatorio.

Tras recibir al almirante, el Comandante-Director efectuó una exposición sobre los aspectos más relevantes del Observatorio, a lo que siguió un recorrido por diferentes espacios pertenecientes a sus cuatro secciones científicas



Figura B.10: Imposición de la Cruz al Mérito Naval con distintivo blanco al Dr. Núñez

Seguidamente, el contralmirante Poole presidió el acto de Leyes Penales, en el que se impusieron diversas condecoraciones, entre las que se encontraba la Cruz al Mérito Naval con distintivo blanco, concedida al Doctor Jorge Núñez de Murga, catedrático de la Universidad de Barcelona, académico de número de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona y Director del Observatorio Fabra.

Otras actividades

- Del 24 al 28 de septiembre, dentro de las actividades de la VIII Semana Naval de la Armada en Madrid, se celebró en la Escuela de Guerra Naval (EGN) el seminario de “Navegación Astronómica”, organizado por el Real Instituto y Observatorio de la Armada con el apoyo inestimable de la EGN. (ver apartado 1.3.1).



Figura B.11: Foto de grupo de los componentes del VIII Seminario de Navegación Astronómica.

El seminario estuvo dirigido a todos aquellos interesados en la navegación, la astronomía y la historia de la ciencia, y, como en anteriores ediciones, ha despertado un gran interés, superando con mucho el número de solicitudes el aforo.

El seminario fue inaugurado por el CA Excmo. Sr. D. Fernando Poole Quintana, Almirante Jefe de Servicios Generales y Asistencia Técnica, quien dirigió unas palabras de bienvenida a los participantes, en las que resumió los objetivos y el contenido del seminario, destacando la gran acogida que tiene todos los años, presentando posteriormente a los ponentes.

El seminario se desarrolló en horario de tarde, y fue impartido por el CN. López Moratalla, antiguo Director del Observatorio y coordinador del seminario; el Doctor Luis Mederos Martín, investigador científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y el Doctor Francisco José González González, Director Técnico de la Biblioteca y Archivo del Real Instituto y Observatorio de la Armada. Posteriormente, el día 26 de septiembre, se incorporó al seminario en calidad de oyente el TN Sergio Borrallo Tirado, responsable de la Sección de Efemérides.

Otras actividades

- El día 4 de octubre, en la sala de Isabel II de las instalaciones del Observatorio, tuvo lugar el acto de presentación del cartel de la Jornada “Tiempo y salud”, presidido por el Comandante-Director del Centro, CN. D. Francisco Javier Galindo Mendoza. El acto contó con la presencia de la Ilma. Sra. Alcaldesa del Excmo. Ayto. de San Fernando, Dña. Patricia Cavada, la Ilma. Sra. Delegada territorial de Educación de la Junta de Andalucía, Dña. Remedios Palma, y la Coordinadora General de ARHOE de Andalucía, Dña. Belén González.



Figura B.12: Acto de presentación del Programa y del Cartel de la I Jornada “Tiempo y Salud”.

ARHOE es una entidad, entre cuyos objetivos se encuentra el fomento del aumento y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, así como la conciliación de la vida personal y profesional, o la mejora de la productividad y eficiencia de las empresas y del trabajo en general. Todo ello desde cualquier punto de vista, y en especial desde la racionalización de los horarios, a través de la reflexión, el debate, el estudio, la promoción de buenas prácticas, personales y profesionales, la educación y su divulgación.



Figura B.13: Cartel de la I Jornada “Tiempo y Salud”.

Otras actividades

Durante este sencillo acto se puso de manifiesto la necesidad de concienciación sobre el valor del tiempo, en un momento en el que se debate el “cambio horario” tras la propuesta realizada por el presidente de la Comisión Europea, Jean-Claude Juncker, sobre prescindir de los actuales cambios de hora que se realizan dos veces al año.

- El lunes, 29 de octubre, el Excmo. Sr. CA. D. Victoriano Gilabert Agote, Almirante Director de Enseñanza Naval (ADIENA), efectuó su primera visita oficial, tras su toma de posesión del cargo, a la Escuela de Estudios Superiores de la Armada (EES), siendo recibido por el Director de la EES, CN. D. Francisco Javier Galindo Mendoza, y por el Subdirector Jefe de Estudios, para posteriormente saludar a la dotación y alumnos.



Figura B.14: Fotografía de S.E. con la dotación del Observatorio.

Seguidamente, en el salón de actos, el Director realizó una breve presentación general sobre la organización y cursos de la EES, así como la interacción de la EES con las actividades científicas de las diversas secciones del ROA.



Figura B.15: Firma del Libro de Oro, en el despacho del Comandante-Director.

Otras actividades

Una vez finalizada la presentación, tuvo lugar un café con profesores y alumnos, durante el cual el ADIENA pudo comentar de forma directa las actividades y problemas de la Escuela, además de conocer de primera mano las inquietudes del personal destinado en la EES. Posteriormente se efectuó una visita a las instalaciones de la EES.

Finalmente, S.E. firmó en el libro de honor, antes de dar por concluida su visita.

- El viernes, 7 de diciembre, el Exmo. Sr. CA. D. Cristóbal González-Aller Lacalle, Almirante 2º Jefe del Arsenal de Cádiz, acompaña a la Real Cofradía de Caballeros Cubicularios de Zamora en la visita al Real Instituto y Observatorio de la Armada.



Figura B.16: Foto de grupo frente a la fachada del Edificio Principal.

Los invitados fueron recibidos por el CN. Comandante-Director, Don Francisco Javier Galindo Mendoza y el Subdirector del Centro, CN. Don Antonio Pazos García, realizándose una foto de grupo frente a la fachada del Edificio Principal.



Figura B.17: Exposición del Comandante-Director en el salón de actos.

Seguidamente, en el salón de actos, el Director realizó una breve presentación sobre la historia, el patrimonio y la actividad científica y docente que actualmente desarrolla, tras lo cual se efectuó un recorrido por las instalaciones más emblemáticas del Centro.

B.2. Visitas

B.2.1. Autoridades Civiles y Militares

- Almirante General, Excmo. Sr. D. Teodoro López Calderón, Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada, acompañado del Almirante, Excmo. Sr. D. Antonio Manuel Fernandes da Silva Ribeiro, Chefe do Estado-Maior da Armada de Portugal (15 febrero).
- CA. Excmo. Sr. D. Gonzalo Sanz Alisedo, Almirante Jefe de Servicios Generales, Asistencia Técnica y Sistemas de Información y Telecomunicaciones, con motivo del relevo de mando del Observatorio (16 de febrero)
- Comodoro Excmo. Sr. D. Jorge Manuel Nobre de Sousa, Comandante do Corpo de Fuzileiros de Portugal (24 de mayo).
- CA. Excmo. Sr. D. Gonzalo Sanz Alisedo, Almirante Jefe de Servicios Generales, Asistencia Técnica y Sistemas de Información y Telecomunicaciones, en visita particular (14 de julio).
- VA. Excmo. Sr. D. Gonzalo Rodríguez Garat (Reserva) (14 de agosto).
- CA. Excmo. Sr. D. Fernando Poole Quintana, Almirante Jefe de Servicios Generales, Asistencia Técnica y Sistemas de Información y Telecomunicaciones, con motivo de su primera visita oficial (14 de septiembre).
- Coronel de Infantería de Marina Ilmo. Sr. D. Joaquín Tomás González Fernández, Subdelegado de Defensa en Cádiz (20 de septiembre).
- Ilma. Sra. Alcaldesa del Excmo. Ayto. de San Fernando, Dña. Patricia Cavada, con motivo del acto de presentación del cartel de la I Jornada “Tiempo y Salud” (4 de octubre).
- Ilma. Sra. Delegada Territorial de Educación de la Junta de Andalucía, Dña. Remedios Palma, con motivo del acto de presentación del cartel de la I Jornada “Tiempo y Salud” (4 de octubre).
- Ilma. Sra. Delegada Territorial de Educación de la Junta de Andalucía, Dña. Remedios Palma, con motivo de la celebración de la reunión de la delegación territorial de educación de la Junta de Andalucía en las instalaciones del Observatorio, y posterior visita al Centro (17 de octubre).
- CA. Excmo. Sr. D. Victoriano Gilabert Agote, Almirante Director de Enseñanza Naval (ADIENA), con motivo de su primera visita oficial (29 de octubre).
- CA. Excmo. Sr. D. Cristóbal González-Aller Lacalle, Almirante 2º Jefe del Arsenal de Cádiz, acompañando a la Real Cofradía de Caballeros Cubicularios de Zamora (7 de diciembre).
- Almirante, Exmo. Sr. D. Juan Rodríguez Garat, Almirante Director del Órgano de Historia y Cultura Naval, en visita de trabajo (12 de diciembre).

B.2.2. Unidades, Centros y Organismos relacionados con la Defensa

- 8 de febrero Dotación del Remolcador “La Graña”
- 23 de febrero Dotación del Buque Hidrográfico “Malaspina”
- 2 de abril Alumnos de la Escuela de Hidrografía
- 18 de abril Suboficiales Mayores de la Bahía de Cádiz

Otras actividades

- 23 de abril Convención Anual de Agregados Navales
- 27 de abril Dotación del Juan Carlos I
- 16 de mayo Dotación de CEVACO- CIA
- 15 de junio XXXIII Curso de Geodesia del Ejército de Tierra
- 28 de agosto Alumnos de acceso directo a la Escuela de Suboficiales
- 18 de octubre Oficina de Apoyo al Personal de San Fernando

B.2.3. Otras entidades

- Academia de San Romualdo de las Ciencias, Letras y Artes
- ARHOE, Comisión Nacional para la Racionalización de los horarios españoles
- ALBARIZA: CULTURA Y NATURALEZA, Asociación Cultural de Sevilla
- ATRIUM, Asociación Cultural de Sevilla
- AMICENES, Asociación de Amigos del Centro de Estudios Protohistóricos del Castillo de Doña Blanca de Jerez
- AMPA, Asociación de padres y madres del Colegio La Salle El Carmen de San Fernando
- Alumnado de altas capacidades intelectuales de San Fernando
- Área del Mayor. Ayto. de San Fernando
- Asociación de Antiguos Alumnos de la Escuela Superior de Ingeniería, US
- Asociación Cultural de la Policía Local de Sevilla
- Asociación Gaditana de Ocio, Cultura y Patrimonio
- CAPYCLUB, Asoc. de Capitanes de Yate, Delegación de Madrid
- CASTILLO DE BAYUELA, Asociación Española de Amigos de los Castillos
- Centros de Acogida de Andalucía
- CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
- Club Motero de Harley Davidson, Cádiz
- Cofradía de Caballeros Cubicularios de San Ildefonso y San Atilano de Zamora
- Colegio de Doctores y Licenciados de Madrid
- Congreso Andaluz de Neurocirugía
- Cuerpo Nacional de Policía de San Fernando
- Dr. Juan Antonio Mora Moreira
- Dr. Vicente Guimerá Bordes
- Instituto Provincial de Enseñanza Permanente SEVILLA
- LA FUNDACIÓN, Asociación para personas con disfunción intelectual, Chiclana
- MARÍA ZAMBRANO, Centro de Enseñanza Permanente, San Fernando
- MENSA, Asociación Personal de Alto Coeficiente Intelectual
- Museo Municipal de Jerez
- Orientadores Escolares de la provincia de Cádiz
- PINTOR ZULOAGA, Centro de Enseñanza Permanente, Cádiz
- Proyecto "Ilusiones". Servicios Sociales del Ayto. de San Fernando
- Real Liga Naval Española, delegación de Cádiz
- Real Liga Naval Española, delegación de Tarragona
- SALTERAS, Servicio de Enseñanza Permanente. Ayto. de Salteras, Sevilla
- SEVILLA, Instituto Provincial de Enseñanza Permanente
- The 1805 club: Asociación para la preservación del legado de la marina de vela georgiana (Gran Bretaña).
- UCA, Aula de Mayores. Campus de Algeciras
- UCA, Aula de Mayores. Campus de Cádiz
- UCA, Aula de Mayores. Campus de Jerez
- UCA, Grado en Humanidades
- UCA, Grado en Matemáticas

Otras actividades

- UCA, Máster en Arqueología Subacuática
- UCA, Profesorado Campus de Puerto Real.
- UGR, Grado en Geografía
- UGR, Máster en Geofísica
- US, Aula de la Experiencia
- US, Grado en Matemáticas
- US, Grado en Física

En el año 2018 han visitado el Real Instituto y Observatorio de la Armada un total de 8.700 personas, distribuidas de la siguiente manera:

- 1.912 correspondieron a alumnos de Enseñanza Secundaria Obligatoria, de 45 centros educativos nacionales y extranjeros.
- 800 personas durante las visitas de verano organizadas por la Oficina de Turismo.

El Observatorio se ha sumado por primera vez en este año a la celebración del Día Internacional del Turismo, a la que acudieron 70 visitantes. Asimismo, también se ha unido por primera vez a la iniciativa “La Noche de los Museos” con motivo de la 41ª edición del Día Internacional de los Museos, siendo visitado por 130 personas.

Como en años anteriores, el ROA ha realizado diversas actividades de divulgación científico-cultural:

- Jornada de puertas abiertas con motivo de la Semana Santa:
 - Los días 26 a 28 de marzo se realizaron 5 visitas diarias a la torre almenara “Torrealta”, para grupos de 20 personas cada una.
- Jornadas de puertas abiertas con motivo de la celebración del Día de las Fuerzas Armadas:
 - Los días 22 y 24 de mayo se realizaron 3 visitas diarias al Observatorio, para grupos de 40 personas cada una.
 - Los 21, 23 y 25 de mayo se organizaron 4 visitas diarias a la torre almenara “Torrealta”, para grupos de 10 personas cada una.
- Jornadas de puertas abiertas con motivo del día de la Fiesta Nacional:
 - El viernes 12 de octubre se realizaron 4 visitas al Observatorio, para grupos de 40 personas cada una.
- XVIII Semana de la Ciencia organizada por la Consejería de Conocimiento, Investigación y Universidad de la Junta de Andalucía y coordinada por la Fundación Descubre, del 5 al 18 de noviembre:
 - El 8 de noviembre se celebró el Café con Ciencia en el ROA. Actividad organizada en 4 mesas (de 10 alumnos, de 4º de ESO o bachillerato, cada una acompañada de un profesor) que versan sobre la investigación de este Observatorio en los campos de la Geofísica, Astronomía, Efemérides y Hora (tiempo).
 - El 6 y 8 de noviembre se realizaron visitas a la Estación de Telemetría Láser del Centro para particulares distribuidos en dos grupos/día.
 - Los días 13, 15 y 16 de noviembre se realiza la actividad “Observaciones Astronómicas en el ROA”, en 2 sesiones, para grupos de 35 personas cada una.

B.3. Conferencias

- **Título:** El Real Instituto y Observatorio de la Armada y la carrera espacial.
Ciclo de conferencias del Ateneo de Chiclana.
Chiclana de la Frontera.
Fecha: 1 de febrero de 2018.
Conferenciante: TN. Sergio Borrallo Tirado.
- **Título:** El Patrimonio Bibliográfico de la Armada Española.
Curso de Extensión Universitaria "El patrimonio cultural de la Armada española a través de sus museos y colecciones".
Plasencia.
Fecha: 10 de marzo de 2018.
Conferenciante: Titulado Superior D. Francisco José González González.
- **Título:** Tsunamis/Maremotos.
Proyecto PROFUNDIZA (Altas capacidades): Colegio público "Puente Zuazo".
San Fernando.
Fecha: 21 de marzo de 2018.
Conferenciante: CF. Antonio A. Pazos García.
- **Título:** Escalas de tiempo, Equipamiento de Campo.
Alumnos Escuela de Hidrografía.
Escuela de Estudios Superiores. San Fernando.
Fecha: 2 de abril de 2018.
Conferenciante: CN. Francisco Javier Galindo Mendoza.
- **Título:** Referencias y patrones de tiempo.
Alumnos Escuela de Hidrografía.
Escuela de Estudios Superiores. San Fernando.
Fecha: 2 de abril de 2018.
Conferenciante: CC. Héctor Esteban Pinillos.
- **Título:** De la medida del tiempo: Su importancia en la tecnología y en la Sociedad actual: ¿Cómo funcionan los "GPS"?
Proyecto PROFUNDIZA (Altas capacidades): Colegio público "Puente Zuazo".
San Fernando.
Fecha: 4 de abril de 2018.
Conferenciante: CN. Francisco Javier Galindo Mendoza
- **Título:** Desechos espaciales.
Proyecto PROFUNDIZA (Altas capacidades): Colegio público "Puente Zuazo".
San Fernando.
Fecha: 11 de abril de 2018.
Conferenciante: TN. Lluís Canals Ros.
- **Título:** Ciencia en el lugar más inhóspito del planeta: La Antártida.
Facultad de CC. Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.
Madrid.
Fecha: 16 de abril de 2018.
Conferenciante: CF. Manuel Catalán Morollón

Otras actividades

- **Título:** Echemos un vistazo a nuestro Sistema Solar... y por qué no un poco más allá.
Proyecto PROFUNDIZA (Altas capacidades): Colegio público "Puente Zuazo".
San Fernando.
Fecha: 18 de abril de 2018.
Conferenciante: TN. Sergio Borrallo Tirado.
- **Título:** Terremotos/Movimientos sísmicos.
Proyecto PROFUNDIZA (Altas capacidades): Colegio público "Puente Zuazo".
San Fernando.
Fecha: 9 de mayo de 2018.
Conferenciante: CN. Antonio A. Pazos García.
- **Título:** El plan de investigación de la Zona Económica Exclusiva (ZEEE): un ambicioso proyecto del Ministerio de Defensa desarrollado en colaboración interinstitucional.
Catedra Almirante Juan de Borbón. Universidad Complutense de Madrid.
Madrid.
Fecha: 10 de mayo de 2018.
Conferenciante: CN. José Martín Davila.
- **Título:** Del firmamento al interior de la Tierra: El Real Instituto y Observatorio de la Armada.
Catedra Almirante Juan de Borbón. Universidad Complutense de Madrid.
Madrid.
Fecha: 11 de mayo de 2018.
Conferenciante: CN. José Martín Davila.
- **Título:** Las misiones espaciales y su aportación al conocimiento de nuestro Sistema solar.
Proyecto PROFUNDIZA (Altas capacidades): Colegio público "Puente Zuazo".
San Fernando.
Fecha: 16 de mayo de 2018.
Conferenciante: CF. Manuel Catalán Morollón
- **Título:** La navegación astronómica y los instrumentos náuticos a través de la historia: ¿en mitad del océano y sin GPS?
Ciclo de Conferencias del Centro Andaluz de Ronda.
Ronda.
Fecha: 18 de mayo de 2018.
Conferenciante: Titulado Superior D. Francisco José González González.
- **Título:** El I+D en el Real Instituto y Observatorio de la Armada.
Curso de verano 2018 UPM-CESEDEN.
Madrid.
Fecha: 16 de julio de 2018.
Conferenciante: CN. Francisco Javier Galindo Mendoza.

Otras actividades

- **Título:** Tormentas solares geomagnéticas: ¿un riesgo para la seguridad de España?
Universidad de Santiago de Compostela.
Santiago de Compostela.
Fecha: 6 de septiembre de 2018.
Conferenciante: CF. Manuel Catalán Morollón.
- **Título:** La custodia de la hora en España.
Jornada de Tiempo y Salud.
Centro de Congresos de San Fernando.
Fecha: 18 de octubre de 2018.
Conferenciante: CN. Francisco Javier Galindo Mendoza
- **Título:** Terremotos y Tsunamis en el entorno del Golfo de Cádiz.
Jornadas de concienciación sismológica. IES Antonio Muro
Puerto Real.
Fecha: 29 de octubre de 2018.
Conferenciante: CN. Antonio A. Pazos García.
- **Título:** Libros para la navegación y la ciencia: El patrimonio bibliográfico del Real Observatorio de la Armada
Real Academia de San Romualdo de Ciencias, Letras y Artes.
Centro de Congresos Cortes de la Real Isla de León (San Fernando).
Fecha: 30 de octubre de 2018.
Conferenciante: Titulado Superior D. Francisco José González González.
- **Título:** La basura espacial (SST).
Jornadas de concienciación sismológica. Centro Inglés
El Puerto de Santa María.
Fecha: 6 de noviembre de 2018.
Conferenciante: TN. Lluís Canals Ros.
- **Título:** La actividad científica del Real Observatorio de la Armada e implicaciones estratégicas en la actualidad.
Museo Naval de San Fernando.
San Fernando.
Fecha: 8 de noviembre de 2018.
Conferenciante: CN. Francisco Javier Galindo Mendoza
- **Título:** Métodos de navegación e instrumentos náuticos en la Edad Moderna (siglos XV-XVIII)
Máster de Arqueología Náutica y Subacuática de la Universidad de Cádiz.
Real Observatorio de la Armada.
Fecha: 10 de diciembre de 2018.
Conferenciante: Titulado Superior D. Francisco José González González.
- **Título:** Investigaciones geofísicas en el océano y entornos volcánicos.
Facultad de CC. Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.
Madrid.
Fecha: 13 de diciembre de 2018.
Conferenciante: CF. Manuel Catalán Morollón.

B.4. Instituciones y Organismos colaboradores

B.4.1. Nacionales

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- Ayuntamiento de San Fernando.
- Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI).
- Centro Español de Metrología (CEM).
- Colegio de Registradores de la Propiedad y Mercantiles de España.
- Deimos Space S.L.U.
- Dirección General de Protección Civil (DGPC).
- Entidad Nacional de Acreditación (ENAC).
- Fábrica Nacional de Moneda y Timbre – Real Casa de la Moneda (FNMT – RCM).
- Fundación Alvargonzález.
- Fundación Campus de Excelencia de Investigación del Mar (CEIMAR).
- Fundación Descubre.
- Fundación J. García-Siñeriz.
- GMV Innovating Solutions S.L.
- Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT).
- Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC).
- Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA).
- Instituto de Ciencias de la Tierra “Jaume Almera” (ICTJA).
- Instituto de Óptica “Daza de Valdés” (IO-CSIC).
- Instituto de Salud Carlos III.
- Instituto Español de Oceanografía (IEO).
- Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “Esteban Terradas” (INTA).
- Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia – LCOE.
- Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes (LMRI) del CIEMAT.
- Observatorio Fabra.
- Real Academia de las Ciencias y las Artes de Barcelona (RACAB).
- Servicio Geográfico del Ejército.
- Sociedad Española de Estudios para la Comunicación fija a través del Estrecho de Gibraltar (SECEGSA).
- Universidad Autónoma de Madrid (UAM).
- Universidad Complutense de Madrid (UCM).
- Universidad de Barcelona (UB).
- Universidad de Cádiz (UCA).
- Universidad de Cantabria (UC).
- Universidad de Granada (UGR).
- Universidad de La Rioja.
- Universidad del País Vasco (UPV/EHU)
- Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).
- Vodafone España.

B.4.2. Extranjeras

- Agencia Espacial Europea (ESA).
- Austrian Academy of Sciences (ÖAW, Viena, Austria).
- Buró Internacional de Pesas y Medidas (BIPM, Sèvres, Francia).
- Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES, París, Francia).

Otras actividades

- European Association of National Metrology Institutes.
- European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC).
- European GNSS Agency (GSA).
- Federation of Digital Seismograph Networks (FDSN).
- GeoForschungsZentrum (GFZ, Potsdam, Alemania).
- German Aerospace Center (DLR).
- Instituto Científico de Rabat (ISRABAT, Rabat, Marruecos).
- Instituto de Física del Globo en París (IPGP, París, Francia).
- Institute of Geology and Geoinformation (IGG, Tsukuba, Japón).
- Instituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM, Italia).
- Instituto Português del Mar y de la Atmósfera (IPMA, Lisboa, Portugal).
- Instituto Português da Qualidade (IPQ, Portugal).
- International Laser Ranging Service (ILRS).
- International Scientific Optical Network (ISON).
- Laboratorio Nacional de Metrología y de Ensayos (LNE-SYRTE, Observatorio de Paris, Francia).
- Minor Planet Center (MPC).
- National Aeronautics and Space Agency (NASA, Estados Unidos de América).
- National Physical Laboratory (NPL, Reino Unido).
- Observatorio Naval de Washington (USNO, EE.UU.).
- Observatories & Research Facilities for European Seismology (ORFEUS).
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB, Alemania).
- Reducing Earthquake Losses in the Extended Mediterranean Region (RELEMR). UNESCO.
- Research Institutes of Sweden (RISE, Suecia).
- Universidad de Évora (UÉ, Évora, Portugal).
- Université Sorbonne (París, Francia)

B.5. Reportajes de Medios de Comunicación

- El 31 de enero se lleva a cabo una entrevista al CF. Manuel Catalán Morollón, de la Sección de Geofísica, sobre la campaña DRAKE-2018. La realiza el Instituto Geominero Español (IGME).
- El 27 de marzo, D. Francisco González González, Director Técnico de la Biblioteca del Centro, es entrevistado para Canal Sur Radio sobre la historia y actividad de “Torrealta”.
- El 28 de marzo, el CF. Manuel Catalán Morollón, Jefe de la Sección de Geofísica y el TN. Lluís Canal Ros, de la Sección de Astronomía, atienden una entrevista sobre basura espacial realizada por el periódico “El Español”.
- El 11 de abril se lleva a cabo una entrevista al CF. Manuel Catalán Morollón, Jefe de la Sección de Geofísica, sobre basura espacial. La realiza “Capital Radio”.
- El 18 de junio, el Comandante-Director CN. Francisco Javier Galindo Mendoza, es entrevistado sobre su trayectoria personal y profesional para el magazine “La Isla Oculta”.
- El 21 de junio se realiza una entrevista al Comandante-Director, CN. Galindo Mendoza, con aportaciones de D. Francisco González González, Director Técnico de la Biblioteca, y de D^a Cristina Pita, Guía Cultural del Centro, sobre el Observatorio. La realiza “Radio La Isla”.

Otras actividades

- El 9 de septiembre se lleva a cabo una entrevista al CF. Manuel Catalán Morollón, Jefe de la Sección de Geofísica, sobre basura espacial. La realiza el periódico “La Voz de Cádiz”.
- El 14 de septiembre se lleva a cabo una entrevista al CF. Catalán Morollón, Jefe de la Sección de Geofísica, sobre basura espacial. La realiza “Canal Sur Radio”.
- El 27 de octubre, “Canal Sur Radio” entrevista al CF. Héctor Esteban Pinillos, Jefe de la Sección de Hora, con motivo del cambio de hora.
- El 30 de octubre, se realiza una entrevista a D. Francisco González González, Director Técnico de la Biblioteca del Centro, por parte de “El Diario de Cádiz”.
- El 8 de noviembre, el periódico “La Voz de Cádiz” entrevista a la TN. María del Carmen Vélez López, de la Sección de Hora, con motivo de la celebración de los “30 años de la mujer en las FAS”.
- Los días 20 y 21 de noviembre, y para el programa “LAB24” de “TVE”, el CF. Héctor Esteban Pinillos, Jefe de la Sección de Hora, es entrevistado al objeto de divulgar cómo se genera y se custodia la Hora Oficial de España y los efectos que esta precisión horaria tiene en la vida cotidiana de las personas”.
- El 12 de noviembre se lleva a cabo una entrevista al Comandante-Director CN. Francisco Javier Galindo Mendoza, con objeto de difundir las actividades encuadradas en la Semana de la Ciencia y hablar del Observatorio. La realiza “Radio La Isla” en sus estudios en San Fernando.
- El 16 de noviembre se lleva a cabo una entrevista al Subdirector Jefe de Estudios, CN. Antonio A. Pazos García, y al TN. Roberto Cabieces Díaz, oficial de la Sección de Geofísica, sobre la actividad sísmica. La realiza “Diario de Cádiz”.

