

DOCE AÑOS DE SINGLADURAS DE UN TELESCOPIO DE LA ARMADA ESPAÑOLA EN LOS ANDES ARGENTINOS

Miguel VALLEJO CARRIÓN



L Círculo Meridiano Automático de San Fernando (CMASF), perteneciente al Real Instituto y Observatorio de la Armada (INSOB), lleva instalado en la Estación de Altura Carlos Ulrrico Cesco, perteneciente al Observatorio Astronómico Félix Aguilar de la Universidad Nacional de San Juan de la República Argentina, desde el 16 de julio de 1996. A partir de esa fecha de tanta significación para la Armada han transcurrido doce años, en los que con el citado instrumento se han venido realizando observaciones astronómicas de gran precisión, siendo el primer gran instrumento astronómico español instalado en tierras de ultramar. Su producción científica, presentada en numerosos congresos, revistas especializadas y foros nacionales e internacionales, ha permitido pasear por todo el mundo el nombre de España y de la Armada. Con esta modesta colaboración, no se pretende otra cosa que recordar aquellos ya lejanos días del invierno austral de 1996, en que un grupo de entusiastas miembros del INSOB, llenos de ilusión y espíritu de aventura, emprendieron la misión de trasladar, instalar y poner en funcionamiento todo el complejo sistema de instrumentos, equipos y accesorios que forman la instalación del CMASF y hacen de él uno de los instrumentos astrométricos basados en tierra más precisos del mundo.

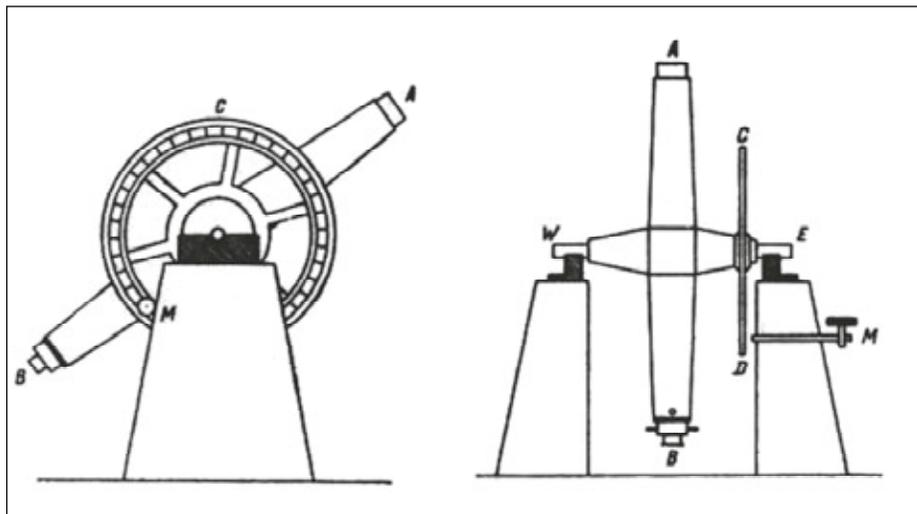
Antecedentes

El Real Instituto y Observatorio de la Armada ha tenido desde su fundación en 1753 como uno de sus campos de trabajo el de la Astrometría Meri-

diana. Ésta es la rama de la Astronomía que tiene como objetivo principal el establecimiento del sistema de coordenadas sobre la esfera celeste, elemento fundamental en los campos de la Mecánica Celeste, Astrofísica, Navegaciones Espaciales de Satélites y Sondas Planetarias, y en todas las ramas del saber y de la técnica que necesitan referirse de una u otra forma a los cuerpos celestes. Los dos problemas fundamentales que la Astrometría Meridiana resuelve son: la determinación de las coordenadas de los objetos celestes —ascensión recta y declinación— y el establecimiento de las constantes astronómicas fundamentales.

El Círculo Meridiano ha sido uno de los instrumentos fundamentales usados para la solución de los dos problemas señalados. En esencia está constituido por un telescopio refractor (A) montado sobre un eje horizontal situado en la dirección E-W, materializado por el eje de dos pivotes cilíndricos soportados por dos cojinetes en forma de V, sujetos rígidamente a dos pilares aislados e independientes de los cimientos del edificio. De esta forma, el anteojo puede girar alrededor de ese eje en un plano vertical que se corresponde al meridiano del lugar de observación, y permite calcular el instante de paso de un astro por el meridiano y, por tanto, su ascensión recta.

Está provisto de un círculo vertical graduado de precisión (C) centrado en el eje horizontal y unido a él, de modo que gira con el tubo y por tanto con el eje óptico. El círculo se lee con la ayuda de varios microscopios y permite calcular la altura del astro por el horizonte en el momento de paso por el meridiano del lugar de observación, y asimismo su declinación. En el foco del

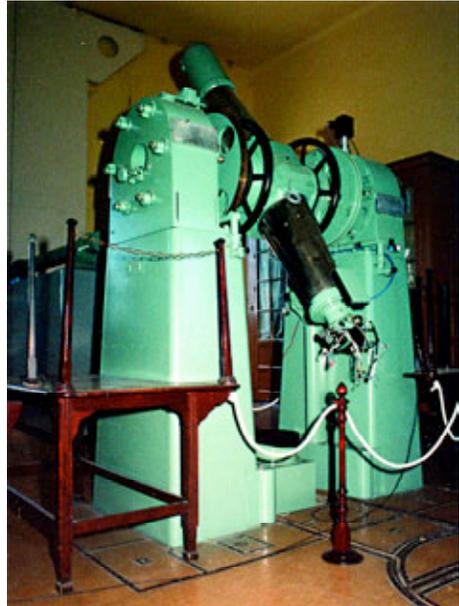
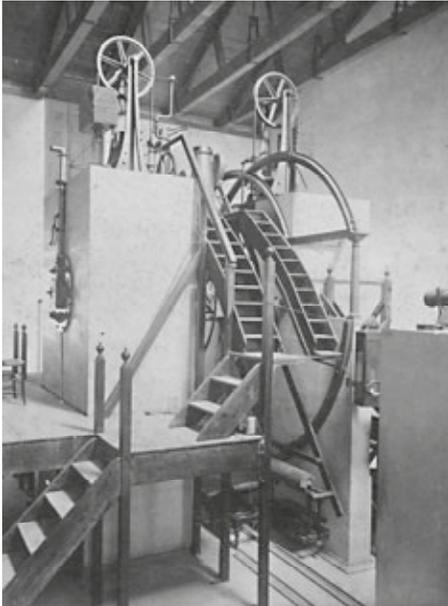


Esquema simplificado de un Círculo Meridiano.

objetivo se sitúa un sensor óptico (B) que es el corazón del instrumento. Determina la hora de paso de la estrella por el plano principal del instrumento definido por su eje óptico y, por tanto, su ascensión recta.

El Círculo Meridiano Automático de San Fernando (CMASF) es la denominación con la que actualmente se conoce al Círculo Meridiano Grubb-Parsons, que fue instalado en el Real Instituto y Observatorio de la Armada en el año 1952, fabricado por la casa inglesa del mismo nombre en su factoría de Newcastle y que venía a sustituir al antiguo Círculo Meridiano Throughton & Simas, cuyos orígenes se remontaban a 1869. Desde esa fecha, y dotado de sucesivos sensores de observación, participó activamente en diversos programas de observaciones astronómicas, auspiciadas por la Unión Astronómica Internacional (UAI), entre los que podemos destacar:

- Catálogo Southern Reference Star (SRS) de San Fernando.
- Catálogo North Pole Zenital Tubes de San Fernando.
- Cátalogo de posiciones medias de Radio Estrellas referidas al Fourth Fundamental Catalog (FK4).
- Catálogo de posiciones medias de Radio Estrellas referidas al Fifth Fundamental Catalog (FK5). (a) (b).



Círculo Meridiano Throughton & Simms (a) y Grubb-Parsons (b), instalados en el INSOB.

A comienzos de la década de los 80, el desarrollo de las técnicas instrumentales, así como la revolución que estaba sufriendo la mayoría de los campos de la ciencia y la investigación científica debido a la aplicación intensiva de la electrónica y la informática, dio lugar a que en el Observatorio, al igual que en la mayoría de los centros científicos de relevancia, hubiera que plantearse la alternativa de o bien permanecer con los instrumentos operativos en el nivel observacional del momento, o bien paralizar toda su actividad operativa y proceder a la modernización de la instrumentación. La adopción de la segunda de las opciones y el reciente empeoramiento medioambiental en el entorno del Observatorio, inapropiado para las observaciones astrométricas modernas, tuvieron dos importantes consecuencias para la Astrometría Meridiana en el mismo:

- La firma de un acuerdo de cooperación con el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), en virtud del cual el Observatorio de la Armada asumió las responsabilidades de España en el proyecto del Círculo Meridiano Automático Carlsberg (CAMC), perteneciente al Observatorio de la Universidad de Copenhage (CUO), y que se instaló en el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM), en la isla de La Palma. Este instrumento, gemelo en su construcción mecánica al Círculo Meridiano de San Fernando, sufrió un proceso de automatización que culminó con su puesta en funcionamiento en 1984 en el Roque de los Muchachos. Desde entonces ha publicado un total de 14 catálogos estelares, el último de ellos, de reciente aparición, en DVD, con más de 96 millones de objetos celestes observados (estrellas, planetas, satélites y asteroides) y que gozan de gran prestigio en la comunidad científica internacional. El telescopio operó hasta el año 2005 bajo la dirección de un consorcio formado por el CUO, el Real Observatorio de Greenwich (RGO) y el Real Instituto y Observatorio de la Armada. A los astrónomos del INSOB les correspondió, desde el inicio del funcionamiento del CAMC, el 20 por 100 del tiempo de observación, por lo que un equipo de observadores se trasladaba periódicamente a la isla de La Palma para cubrir los periodos de responsabilidad de observación haciéndose cargo del instrumento.
- El proceso de automatización del Círculo Meridiano de San Fernando, con la adopción de soluciones similares a las del CAMC. Debido a ello, en septiembre de 1986 se suspendieron las observaciones, comenzándose un complejo proceso de renovación de equipos, incorporación de nuevas tecnologías, sustitución de componentes y automatización del funcionamiento, que culminó en noviembre de 1992 con la inauguración, por parte de S. M. el Rey, de la puesta en operatividad del Círculo Meridiano Automático de San Fernando. Una vez finalizado el proceso de diseño, fabricación, montaje y prueba de los

nuevos componentes del CMASF, se comenzaron a realizar los primeros ajustes y calibraciones del telescopio. A finales de 1993 se iniciaron las observaciones automáticas con la finalidad de efectuar todas las calibraciones necesarias, y el 24 de marzo de 1994 comenzaron las primeras observaciones de estrellas, iniciándose un pequeño catálogo de estrellas y planetas con el fin de evaluar las posibilidades reales del instrumento.

Traslado a Argentina

Simultáneamente al proceso de automatización, comenzaron los trámites necesarios para su traslado a otro emplazamiento donde el instrumento pudiera desarrollar todo el potencial con el que se pretendía dotarlo tras su modernización. La primera decisión importante en este proceso fue elegir como futuro emplazamiento del telescopio el hemisferio sur. Esta elección estuvo basada en dos razones fundamentales:

- La participación del INSOB en las observaciones realizadas con el CAMC, instrumento gemelo al CMASF, instalado en el Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma, y cuyas observaciones abarcaban todo el hemisferio norte celeste.
- La comunidad científica internacional estaba demandando un catálogo estelar que de modo uniforme y preciso diera las posiciones de estrellas de ambos hemisferios celestes. Este catálogo, al abarcar observaciones desde $+90^\circ$ a -90° en declinación, y al realizarse con dos instrumentos gemelos, sería de los primeros de este tipo publicados en el mundo.

Tras una serie de contactos con diversas instituciones de Sudamérica se llegó a la conclusión de que la opción más favorable era la de la Universidad de San Juan (Argentina) en la Estación de Altura Carlos Ulrico Cesco (CUC), que el Observatorio Astronómico Félix Aguilar (Oafa), dependiente de la mencionada Universidad, tiene en las estribaciones de los Andes, a 1.200 km al W de Buenos Aires y a 200 km de la ciudad de San Juan. La estación CUC está situada a 69° W de longitud, 31° S de latitud y 2.300 m de altura.

Para la financiación del traslado, instalación y operatividad en Argentina se firmaron dos convenios, uno entre los ministerios de Defensa y de Educación y Ciencia, y otro entre la Universidad de San Juan y el INSOB. En virtud de estos acuerdos, el Oafa asumía la responsabilidad de suministrar los observadores para el manejo del instrumento y el INSOB el envío periódico de astrónomos supervisores para la coordinación de los trabajos y el mantenimiento de los equipos. En febrero 1996 se suspendieron las observaciones en

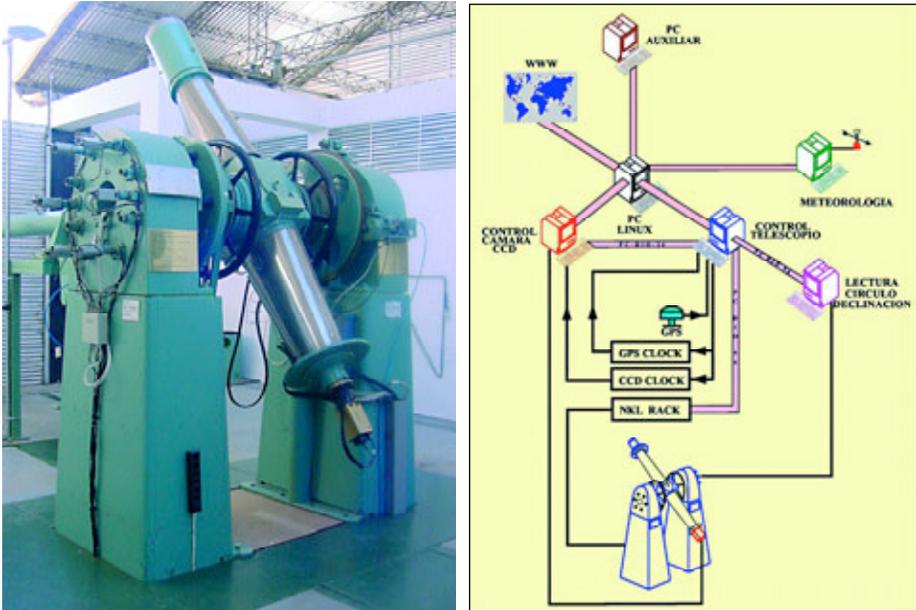


Edificio del CMASF.



Vista general de la Estación de Altura Carlos Ulrico Cesco con la cordillera de los Andes al fondo.

el INSOB y se comenzó a desmontar el telescopio y todos los componentes mecánicos, electrónicos e informáticos. Fueron necesarios dos contenedores de transporte marítimo para su almacenamiento y estiba, así como la ayuda de una grúa de 40 TM provista por la Armada. El día 19 de abril de 1996 los contenedores salieron del Observatorio, y tras recorrer un itinerario que transcurrió por las ciudades de Cádiz, Barcelona, Buenos Aires y San Juan, llegaron al CUC el 7 de junio. Ese mismo día se comenzó la descarga del material y el montaje del instrumento en su nuevo emplazamiento por los miembros del equipo del



El Círculo Meridiano Automático de San Fernando instalado en Argentina (a), y un esquema de su sistema de control (b).

INSOB que se habían desplazado a Argentina, en colaboración con los miembros del Oafa que participan en el proyecto.

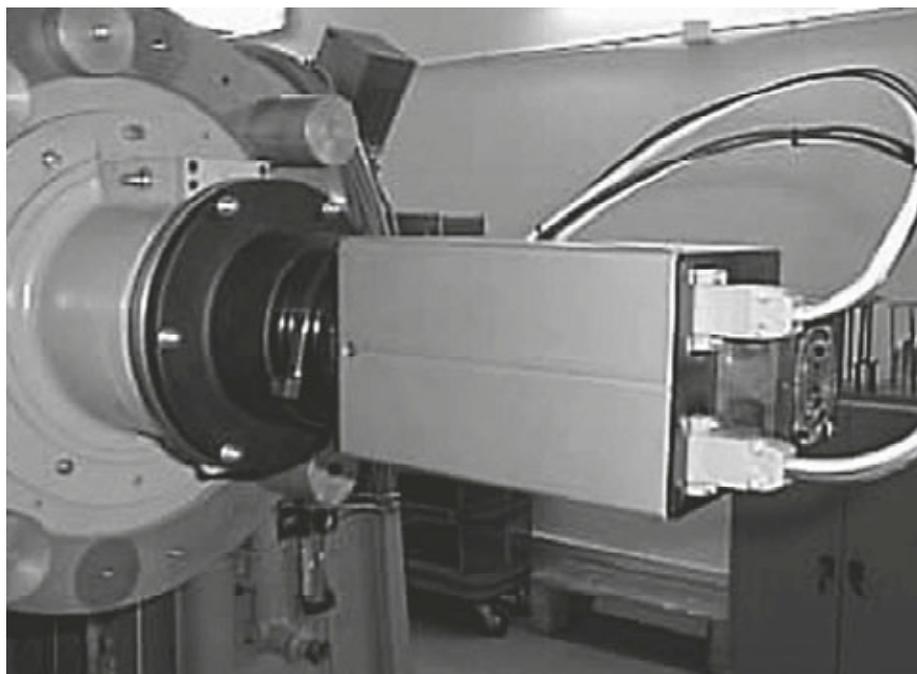
El 16 de julio de 1996, fecha de gran significación para la Armada, tras completar el montaje y calibración del instrumento y sus equipos, se consiguió observar los primeros pasos de estrellas por el meridiano de forma automática, comenzando un periodo de calibraciones, observaciones sistemáticas y elaboración de catálogos estelares, que ha continuado hasta la fecha.

1996-2008: doce años de ciencia e investigación

A lo largo de estos doce años de funcionamiento del CMASF en Argentina han sido numerosos los logros obtenidos y los problemas que ha sido necesario solventar. A las complicaciones tecnológicas propias de unas instalaciones de este tipo, donde la electrónica y la informática juegan un papel fundamental, se han unido en este caso las surgidas por los más de 12.000 kilómetros de distancia existentes entre las instalaciones del telescopio en Argentina y el Observatorio en San Fernando. Los periódicos desplazamientos desde España de los miembros del INSOB pertenecientes al equipo de Astrometría Meridia-

na, así como la colaboración continua y entusiasta de los colegas argentinos del Observatorio Félix Aguilar, han sido fundamentales a la hora de lograr mantener a pleno rendimiento el CMASF. Como principales hitos logrados a lo largo de este periodo de tiempo, podemos señalar:

- La sustitución de toda la infraestructura informática de control del instrumento, basada en mini ordenadores HP y almacenamiento de datos en cintas magnéticas, por equipos de última generación y prestaciones avanzadas. Este paso supuso la programación completa de un nuevo *software* de control del telescopio y de tratamiento de las observaciones. Con ello se consiguió, además, un notable incremento en el rendimiento del telescopio, lográndose índices de más de 300 noches útiles al año, lo que supone unos niveles óptimos en la rentabilización del instrumento.
- Instalación de un cámara CCD en sustitución del original fotomultiplicador como sensor fundamental de observación. Este paso trascendental, llevado a cabo en 1999, trajo consigo una amplia remodelación de todo el sistema de control y manejo del telescopio, aumentando de modo



Cámara CCD instalada en el CMASF en 1999.



Astrónomos del INSOB y del Observatorio Félix Aguilar durante la instalación del telescopio en junio de 1996.

notable las precisiones y profundidad obtenidas en las observaciones, y sobre todo el número de astros observados, que pasó de un promedio de 300 estrellas por noche con el antiguo sensor fotoeléctrico a más de 40.000 con este nuevo sistema.

- La robotización y automatización total del telescopio y de todo su sistema de control, lo que gracias a Internet y a las nuevas tecnologías permite hoy día el manejo robótico, desde el INSOB, del telescopio y sus componentes, haciendo posible realizar en tiempo real gran cantidad de trabajos de mantenimiento y análisis de resultados para los que antes era necesario esperar a los desplazamientos de los miembros del INSOB a Argentina.
- La publicación en formato CD-ROM en 1999 del primer catálogo estelar hispano-argentino (HAMC1), que comprende los resultados obtenidos con las observaciones realizadas por el CMASF desde su puesta en operatividad en 1996 hasta que se sustituyó el sensor fotoeléctrico por la cámara CCD. Actualmente está en fase de publicación el segundo catálogo de la serie (HAMC2), que incluirá las observaciones llevadas a cabo con la cámara CCD actualmente instalada en el CMASF en la banda de 0° a 30° S en declinación, en el que se han alcanzado precisiones de 40 milésimas de segundo de arco en las observaciones y que cuenta con más de 12 millones de estrellas.

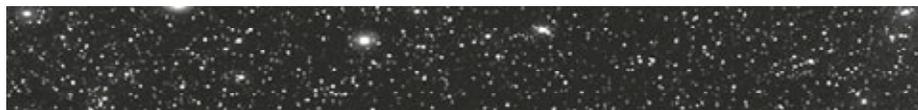


Imagen del cielo tomada con la cámara CCD del CMAF en Argentina.

Conclusiones

La Armada española, a través del telescopio Círculo Meridiano Automático de San Fernando, perteneciente al Real Instituto y Observatorio de la Armada, lleva doce años realizando observaciones astronómicas de gran precisión en la Estación de Altura Carlos Ulrrico Cesco, perteneciente al Observatorio Astronómico Félix Aguilar de la Universidad de San Juan (República Argentina).

Durante el periodo de tiempo que lleva operativo el CMAF en tierras argentinas han sido numerosos los avances técnicos logrados y los resultados científicos que se han obtenido, estando los catálogos publicados por el INSOB entre los más destacados en la comunidad científica internacional para instrumentos de este tipo basados en tierra.

Los años venideros serán de continuos avances en el campo de la Astronomía de Posición. El lanzamiento del Satélite Astrométrico GAIA supondrá una revolución para toda la comunidad astronómica internacional, y la Armada española, representada en este campo por el Real Instituto y Observatorio de la Armada, espera responder a los retos que se nos avecinan y mantenerse en vanguardia de la investigación en este campo a nivel mundial.

BIBLIOGRAFÍA

- MUIÑOS, José L.; BELIZÓN, Fernando; VALLEJO, Miguel: *The San Fernando Automatic Meridian Circle in South America: Instalation and First Observations. Proceedings of the Third International Workshop on Positional Astronomy and Celestial Mechanics*. Cuenca, 1994.
- MUIÑOS, José L.; BELIZÓN, Fernando; VALLEJO, Miguel: *Primeros resultados de las Observaciones CCD del CMAF en Argentina*. Proceedings de las Jornadas Científicas 250 Años de Astronomía en España, 1753-2003. Real Instituto y Observatorio de la Armada, 2004.
- MUIÑOS, José L.; MONTOJO, Miguel; BELIZÓN, Fernando; VALLEJO, Miguel: *CCD Survey with the CMAF from the Southern Hemisphere*. Proceedings IAU Symposium, nº. 247, 2007.
- VALLEJO, Miguel; MUIÑOS, José L.; BELIZÓN, Fernando: *El Círculo Meridiano del Real Instituto y Observatorio de la Armada*. Boletín ROA 1/98, San Fernando.
- VALLEJO, Miguel: *La Astronomía Meridiana y el Real Instituto y Observatorio de la Armada*. Boletín ROA 11/97, San Fernando.