



RÉAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA
EN SAN FERNANDO

BOLETIN ROA
No. 2/87

SAN FERNANDO. TRADICION Y FUTURO

M. Catalán Pérez de Urquiola, Director del Real Instituto y Observatorio de la Armada
Entrevista publicada en la revista "Tribuna de la Astronomía" nº 15 de Febrero de 1987

Foto portada: Astrógrafo Gautier. Instalado en el Observatorio en 1889 con el que se colaboró en el levantamiento fotográfico de la «Carta del Cielo».



REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA
EN SAN FERNANDO

BOLETIN ROA

No. 2/87

SAN FERNANDO

Tradición y futuro

SAN FERNANDO. TRADICION Y FUTURO



AGENCIA AL BO GUSTAVAZERO Y OULITIZHI JAER

TRN 03420 000000000000

M. Catalán Pérez de Urquiola, Director del Real Instituto y Observatorio de la Armada

E - 110 - 000 - 45 1021

E - 80 - Entrevista publicada en la revista "Tribuna de la Astronomía" nº 15 de Febrero de 1987



REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA
EN SAN FERNANDO



BOLETIN ROA

Nº. 2187

SAN FERNANDO, TRADICION Y FUTURO

Impreso en España - Printed in Spain

Imprime : REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA

San Fernando (Cádiz) 1987

Depósito legal : Ca 832 - 1986

ISBN 84 - 7469 - 041 - 2

NIPO 098 - 87 - 009 - X

EL FERNANDO

Tradición y futuro

SAN FERNANDO

Tradición y futuro



El futuro de San Fernando, en el marco de la tradición, se define a través de la innovación y el desarrollo tecnológico. La ciudad, con su rica historia, se proyecta hacia adelante, integrando lo mejor de su pasado con las últimas tendencias del mundo. Este enfoque garantiza un crecimiento sostenible y una mejora constante en la calidad de vida de sus habitantes.

La tradición de San Fernando se fundamenta en valores sólidos que han permitido su consolidación a lo largo de los siglos. Estos valores, respaldados por una sólida estructura institucional, sirven como base para enfrentar los desafíos del futuro. La ciudad se compromete a preservar su patrimonio cultural y natural, al mismo tiempo que promueve la innovación y el progreso.

El futuro de San Fernando se define a través de la innovación y el desarrollo tecnológico. La ciudad, con su rica historia, se proyecta hacia adelante, integrando lo mejor de su pasado con las últimas tendencias del mundo. Este enfoque garantiza un crecimiento sostenible y una mejora constante en la calidad de vida de sus habitantes.

La tradición de San Fernando se fundamenta en valores sólidos que han permitido su consolidación a lo largo de los siglos. Estos valores, respaldados por una sólida estructura institucional, sirven como base para enfrentar los desafíos del futuro. La ciudad se compromete a preservar su patrimonio cultural y natural, al mismo tiempo que promueve la innovación y el progreso.

REPORTAJE



Torreta de Telemetría Láser sobre satélites.

El inicio de la Astronomía Científica, en los siglos XVII y XVIII fue dirigida e impulsada fundamentalmente hacia la solución del problema de obtener la situación en el mar, por métodos astronómicos. ¿Podría explicarnos cuáles fueron las razones prácticas y misiones fundacionales que condujeron en esas épocas a la creación de este observatorio, pionero de la Astronomía en España?

Desde la Prehistoria la Astronomía ha estado presente en la vida del hombre. Su misterio enlazaba su origen y futuro con las correlaciones indemostrables que debieron fundamentar el nacimiento de las supersticiones astrológicas. Pienso que quizá el hombre prehistórico, además de estas inquietudes, debió buscar en las posiciones relativas de las estrellas y las constelaciones, la posibilidad

de materializar unas direcciones que le orientarán en sus migraciones naciendo, de esta forma, una primitiva navegación terrestre con base «astronómica» que exigía conocer, de alguna manera, las posiciones estelares y que quizá en una extrapolación algo arriesgada, me gustaría identificar con los inicios de la Astrometría.

Posteriormente, cuando con el paso de los milenios, el hombre se adentró en la mar, buscó y encontró en la observación del espacio los datos útiles para arrumbar sus naves lejos de la vista de costa extrapolando la Astrometría al origen de la Astronomía Náutica. Sin embargo, el desarrollo científico en estas fechas se encontraba tan presionado por las hipótesis de Ptolomeo que los navegantes, en la época del descubrimiento, se arriesgaron a través del océano

desamparados en gran parte de las técnicas astronómicas.

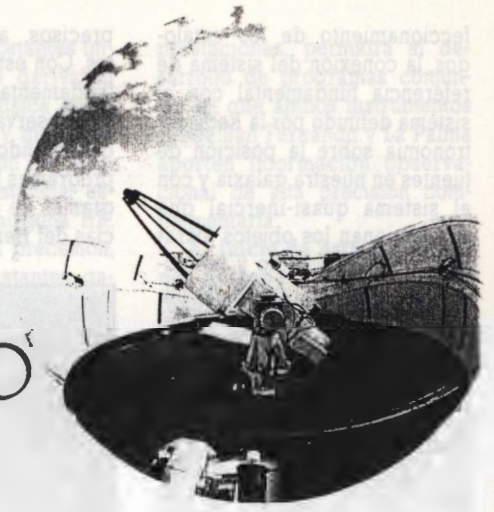
Fenómenos tan elementales como el movimiento de la estrella Polar, la refracción, la declinación magnética, la rotación e incluso la forma de la Tierra no sólo eran muchas veces desconocidos, sino que interpretados de forma errónea eran rechazados como contrarios a la filosofía de la época. Quisiera resaltar, como mérito que nos corresponde como nación, que en aquella época la Astronomía se había desarrollado cara a la navegación fundamentalmente en España, produciendo las efemérides astronómicas contenidas en las Tablas Alfonsinas y el Almanaque Perpetuo del judío toledano Zacuto, verdaderas efemérides astronómicas en el sentido más moderno de la palabra y que contenían la posición del Sol por declinaciones constituyendo una inestimable y defini-

tiva aportación a la Náutica de la época, al permitir determinar la latitud del buque por observaciones meridianas.

Posteriormente, al impulso del descubrimiento, fueron surgiendo las primeras objeciones a la Astronomía medieval. Opino que en la historia del pensamiento occidental la obra de Copernico marca una fecha definitiva siendo, en función de ella, como se desarrolló la revolución científica de los siglos XVII y XVIII que cambió el universo medieval, jerarquizado y cerrado, por los planteamientos científicos que en esencia han pervivido hasta la época espacial. Tycho Brahe aportó su técnica de observador excepcional; Galileo introdujo las bases de la Astronomía instrumental; Newton planteó la ley de la gravitación universal y las bases del círculo de reflexión y Huy-

SAN FERNANDO

Tradicición y futuro



gens desarrolló el péndulo astronómico.

Y con estos conocimientos se pudo abordar, finalmente, la determinación de las longitudes problema, que como todos conocemos, impedía obtener la situación en la mar. Y para resolver «in mente», este problema básico nacieron los primeros observatorios astronómicos; primero París, en 1667; luego Greenwich, en 1675; y posteriormente Berlín, en 1710. Se midió la velocidad de la luz, se profundizó en el conocimiento del Sistema Solar, se estudió la nutación y observación, se midieron las constantes fundamentales de la Astronomía, iniciándose los programas sistemáticos de observación de catálogos en apoyo de la naciente Astronomía científica surgiendo, paralelamente, la inquietud por conocer la forma de la Tierra que condujo a la organización de las expediciones a Laponia y Perú para comparar las medidas de la longitud del grado de meridiano en estas latitudes extremas. Para tomar parte en la expedición a Perú, de la que por cierto en estas fechas conmemoramos el 250 aniversario, se incorporaron dos jóvenes marinos españoles, D. Jorge Juan y D. Antonio de Ulloa, posteriormente personalidades científicas de nuestra ilustración. A su regreso, propuso Jorge Juan al Marqués de la Ensenada la creación de un observatorio, anejo a la compañía de Guardiamarinas, con la clara visión de introducir la navegación astronómica en las enseñanzas navales en España y

marcar las líneas a seguir por la Astronomía Nacional, dentro del floreciente marco de la Astronomía Europea. Estos, fueron, por tanto, los sólidos motivos y razón de nacimiento de este observatorio, en 1753.

De la evolución y vigencia de estas razones fundacionales quisiera comentar que el marino utiliza hoy como ayer los astros para situar y comprobar el rumbo de su nave, por lo que opino podríamos definir como tareas y finalidad de los observatorios navales el observar, estudiar y predecir las posiciones de los astros con relación a determinados sistemas de referencia, proporcionando la información necesaria para el uso de estos astros en la navegación, es decir, lo que entendemos por Astronomía de posición. Quizá deberíamos añadir un nuevo sentido a

estas palabras al abarcar en astros tanto los objetos naturales como artificiales e incluir, en la navegación, tanto la de superficie como la aérea y en un futuro, quizá no tan lejano, la espacial.

Si extrapolamos estos conceptos algo más, mejorando la precisión de las determinaciones tendremos la Geodesia Astronómica y Espacial y la Geodinámica actual.

En su contestación anterior une e identifica Vd. los Observatorios de la Ilustración fundamentalmente con la actual Astronomía de Posición. ¿Cómo interpreta Vd. desde el punto de vista de la Dirección de un observatorio creado en el siglo XVIII la situación y vigencia de la Astronomía de Posición dentro de los programas generales de la Astronomía In-

ternacional y más concretamente de la Nacional?

A mi modo de ver en el momento actual estamos contemplando un desarrollo espectacular de la Astrofísica como ciencia que permite, de alguna manera al hombre, tratar de seguir el inicio y evolución del Universo en que vivimos. Pero la Astrofísica necesita de la Astrometría para conocer las posiciones de los objetos celestes, sus paralajes y movimientos propios son aspectos obvios, en que las técnicas astrométricas son complementarias a la información obtenida por otros procedimientos.

Si hubiera que definir los programas característicos de la Astronomía de Posición en un sentido amplio, creo tendríamos que incluir la Mecánica Celeste, que permite la predicción de las efemérides de los objetos celestes partiendo de teorías, parámetros, constantes y criterios universalmente admitidos.

Por otra parte, opino que la mejora de las precisiones ha hecho aparecer en la Astrometría, con relevancia especial, la necesidad de definir sus sistemas de referencia progresando en los estudios de la dinámica Tierra-Luna, en las leyes que rigen nuestro Sistema Solar, los movimientos de los planos fundamentales, la precesión y nutación, la medida y análisis de la rotación de la Tierra, la mejora de las posiciones y movimientos propios del actual sistema de referencia estelar con observaciones meridianas y su posterior extensión a magnitudes altas por medios fotográficos, el per-



M. Catalán es capitán de navío, doctor en Ciencias por la Universidad Complutense de Madrid, en Ingeniería por Berkeley (California, USA), y titulado y diplomado en estudios superiores en Ciencias Físico-Matemáticas, Astronomía y Geofísica. Miembro de la Unión Astronómica Internacional y de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, dirige, junto a la Escuela de Estudios Superiores en Ciencias Físico-Matemáticas de la Armada, el observatorio de más larga tradición en nuestro país, el de San Fernando (Cádiz).

feccionamiento de los catálogos, la conexión del sistema de referencia fundamental con el sistema definido por la Radioastronomía sobre la posición de fuentes en nuestra galaxia y con el sistema quasi-inercial que proporcionan los objetos extragalácticos. El estudio y perfeccionamiento del Tiempo Atómico Internacional, referencia del parámetro Tiempo y base de la escala de frecuencias, la Geodesia Espacial y las aplicaciones de los satélites a la Geodinámica, Geofísica, Potencial Terrestre y Mecánicas Celestes. Como Vd. puede contemplar, el paso del tiempo ha enriquecido, al aumentar las posibilidades, el ámbito de aplicación científica de lo que inicialmente fueron los Observatorios de la Ilustración.

A la vista de todo este desarrollo científico, ¿podría indicarnos cuál es la estructura actual de este Observatorio en sus aspectos de trabajo funcional?

Como indicaba antes, el Observatorio nació hace ya más de 230 años con misiones muy concretas, que condujeron a una estructura funcional agrupando su actividad científica en cuatro secciones que encuadran el conjunto de sus actividades.

La sección de Efemérides coopera con la comisión correspondiente de la Unión Astronómica Internacional y Oficinas Internacionales de la especialidad, siendo responsable de la publicación anual del «Almanaque Náutico», «Las Efemérides Astronómicas», las investigaciones en el campo de la Mecánica Celeste y el mantenimiento del Centro de Cálculo del Observatorio. Una extensión natural de todos estos campos de actividad científica abarca el cálculo de órbitas de satélites artificiales, y las ocultaciones de estrellas por la Luna.

La Sección de Astronomía desarrolla su actividad en tres campos bien definidos, Astrometría Meridiana, Rotación de la Tierra y Astrometría Fotográfica. Para las observaciones meridianas dispone el Observatorio de un Círculo Meridiano Grubb-Parson que actualmente se encuentra en proceso de automatización total con un nivel de prestaciones en el mismo rango que los instrumentos más

precisos, actualmente existentes. Con este instrumento, pieza fundamental de la Astrometría del Observatorio, hemos venido cooperando en los principales programas internacionales. Programas de estrellas de referencias del Hemisferio Sur; progra-



Fachada principal del Instituto y Observatorio de Marina de San Fernando, Cádiz.

mas de estrellas observables con tubos cenitales en el Hemisferio Norte; programas de determinación de Radiofuentes Galácticas y en la actualidad hemos extendido nuestra actividad, por acuerdo con el Instituto Astrofísico de Canarias, para aprovechar las grandes posibilidades Astrométricas que ofrece la instalación en el Roque de los Muchachos del Círculo Meridiano Automático de la Universidad de Copenhague.

Para el estudio de la Rotación de la Tierra disponemos de un Astrolabio impersonal Danjon, actualmente en fase de modificación para permitir la observación a plena pupila y posibilidades de observación solar. Además de en Rotación de la Tierra, este instrumento ha sido utilizado para observaciones de catá-

logos y determinaciones de precisión de planetas.

En el campo de la Astrometría fotográfica mantenemos en funcionamiento el astrógrafo Gautier de la Carta del Cielo. Este instrumento ha sido modernizado y participa actualmente

en un programa organizado por el Instituto de Astronomía Teórica de Leningrado para la determinación de pequeños planetas, seleccionados con la finalidad de determinar los planos de referencia celeste y el equinoccio dinámico. La participación de este instrumento en la Carta del Cielo consistió en el levantamiento en la zona que nos correspondió, de 3 a 9° de declinación Sur, de unas cartas fotográficas conteniendo unas 250.000 estrellas que aportaron un primer catálogo de gran valor científico; testigo único de la Astrometría del Cielo a principios de siglo. Transcurridos cincuenta años se inició la repetición de la placas originales con la finalidad de poder determinar, por medida directa, los movimientos propios estelares ne-

cesarios para los estudios de la dinámica de nuestra galaxia.

Otra sección es la de Geofísica que se creó a finales del siglo pasado respondiendo a la necesidad de actualizar la referencia magnética de una Cartografía que iba quedando obsoleta por la migración del polo magnético terrestre. La estación geomagnética del Observatorio, modernizada con magnetómetros de protones, núcleos de saturación y bombeo óptico coopera actualmente con la Unión Internacional de Geomagnetismo aportando una serie de medidas ininterrumpidas de más de un siglo. La estación sísmológica del Observatorio se encuentra actualmente compuesta de sísmógrafos de corto y largo período, cooperando con las redes sísmicas nacionales e internacionales en los campos de su especialidad. Quisiera resaltar que en estos momentos está en proceso de finalización la instalación de un conjunto de 10 sísmógrafos de corto período, alta amplificación y registro telemétrico dispersos en la provincia de Cádiz que cooperarán con otros cinco sísmógrafos instalados en el Norte de África, para un mejor conocimiento de las estructuras geofísicas de las entradas del Estrecho. La finalidad de este programa es cooperar con la empresa nacional SECEGSA y el Instituto Geográfico Nacional a un mejor conocimiento geofísico, necesario para la posterior realización del túnel o puente que sobre el Estrecho se pretende una dos continentes. De esta sección depende también la estación de Seguirios de Satélites Artificiales con la que contribuimos a los programas internacionales de Geodesia Espacial que, utilizando técnicas LASER, alcanzan determinaciones de posición centimétricas.

Una última sección es la de Hora, como Vd. sabe, la medida del Tiempo es consustancial a toda medida astronómica. De nada valdría medir con precisión parámetros angulares o distancias si no se tuviera la capacidad de datar, dentro del mismo orden, estos sucesos. Actualmente el Observatorio dispone de un conjunto de seis relojes atómicos de cesio y uno de rubidio con los que cooperamos

con la Oficina Internacional de la Hora para la materialización de la Escala de Tiempo Atómico Internacional y Tiempo Universal Coordinado de San Fernando, base de la hora legal española.

A lo largo de su respuesta anterior ha hablado Vd. de la cooperación con el Instituto Astrofísico de Canarias para la observación e interpretación de las observaciones realizadas con el Círculo Meridiano Automático de la Universidad de Copenhague. ¿Podría explicarnos algo más sobre este importante proyecto internacional?

Como Vd. conoce sobradamente, para aprovechar el beneficio de la actividad astronómica internacional las excepcionales condiciones geográficas y ambientales de nuestras Islas Canarias se han ido trasladando e instalando en el I.A.C., gran parte de los mayores y tecnológicamente más avanzados telescopios europeos. Entre estos instrumentos se encuentra el Círculo Meridiano Automático Carlsberg de la Universidad de Copenhague, de características idénticas al de San Fernando pero totalmente automatizado, con el que se pretende determinar la posición de 200.000 objetos celestes con nuevas precisiones en lo que constituye, a mi modo de ver, el proyecto Astrométrico más importante con base en tierra a nivel mundial. El instrumento está operativo desde mayo de 1984 por cooperación entre los Observatorios de Copenhague, Greenwich y San Fernando, que interviene en el proyecto por convenio de cooperación con el I.A.C. Para darle una idea de la importancia científica de los resultados le informaré que durante 1984 se efectuaron observaciones que dieron lugar a un primer catálogo conteniendo la posición de 5.290 estrellas y 10 objetos del Sistema Solar habiéndose alcanzado en la observación de objetos estelares, hasta magnitud 13,5 y conteniendo la determinación de los movimientos propios con un error típico de 3 milésimas de segundo al año.

Actualmente acabamos de publicar un segundo catálogo conteniendo las observaciones de 1985 con la posición de 10.718

estrellas al Norte de la declinación 45° Sur de las cuales, 4.549 pertenecen al I.R.S, 400 son estrellas que apoyan la misión del satélite Hipparcos; 257 del programa PZT; 513 son estrellas de referencias en 204 campos de radiofuentes; 3.014 son estrellas F dentro de 100 Parsec, 329 estrellas de referencia para el cometa Halley y 94 son radioestrellas. Quiero resaltar que este programa tiene una gran importancia desde el punto de vista astrométrico ya que permite apoyar otros programas que exigen en su desarrollo una Astrometría de precisión superior, como es el caso del proyecto Hipparcos. Este satélite de la Agencia Espacial Europea pretende alcanzar precisiones de 2 milésimas de segundo en las posiciones, movimientos propios y paralajes de 100.000 estrellas hasta la magnitud 13. Se pretende que esta experiencia haga progresar de forma muy notable nuestro conocimiento astromé-

trico, tanto en precisión como en homogeneidad, ya que al observar los objetos celestes desde el exterior de la atmósfera se evitarán las incertidumbres que introducen los modelos de refracción. La importancia del proyec-

to radica en las importantes implicaciones que se derivarán tanto para la Astrofísica como para la Astronomía y que afectarán a la redefinición de la escala cósmica de distancia, estructura fina del diagrama HR, determinación de la precesión, revisión de las constantes galácticas, etc. En este programa el Observatorio coopera con la Universidad de Barcelona en la preparación del catálogo de estrellas y planetas que se van a observar desde el espacio determinando sus posiciones fotográficas y revisando los catálogos que se van a introducir en la memoria del satélite. Quisiera todavía incidir, algo más, en la importancia para la actividad futura de este observatorio, de su cooperación en la actividad del-Círculo Meridiano en el Roque de los Muchachos ya que esta cooperación nos está permitiendo el acceso a la tecnología necesaria para la automatización de nuestro Círculo Meri-

prestaciones, permitirá el desarrollo de programas conjuntos en que ambos instrumentos desde San Fernando y La Palma aporten información observacional de alta precisión complementaria.

Al inicio de esta entrevista nos hablaba Vd. de la misión fundamental del observatorio como apoyo al navegante. Actualmente nos gustaría conocer cuál es la incidencia que las técnicas por satélites tienen en cuanto a la programación de los trabajos científicos que se realizan en este observatorio como apoyo directo a la navegación. Abundando más ¿cree Vd. que la navegación astronómica será relegada debido al desarrollo de las técnicas espaciales?

No cabe duda del impacto que en la navegación tienen los medios espaciales. Al ponerse en órbita el primer satélite, el Sputnik, su órbita pudo seguirse observando la variación de la frecuencia recibida de la emisora del satélite, debida al efecto Doppler, que ofrecía información fiable sobre las posiciones relativas del satélite y el observador.

A principios de los años sesenta se empezaron a poner en órbita la red de satélites de navegación Transit formada por un conjunto variable de seis satélites. Los satélites son observados con alta precisión, en el orden del metro, por un conjunto de 17 observatorios repartidos por todo el globo, siendo uno de ellos, la Estación de Seguimiento de este instituto y Observatorio. Estas estaciones er-
vian diariamente sus datos al Observatorio Naval de Washington donde se calcula e ir-
yectan los parámetros de su ór-
bita en la memoria del satélite para su transmisión a los nave-
gantes y geodestas. El satélite es, por tanto, un verdadero faro espacial que, transmitiendo su posición, es observado por los navegantes estudiando la varia-
ción, por efecto Doppler, de la frecuencia de sus emisiones.

Se necesita, por tanto, para el funcionamiento del sistema de un conjunto de observato-
rios, de un desarrollo importan-
te de mecánica celeste en el cál-
culo de órbitas y de la definición del Sistema de Referencia que



Astrógrafo Gauthier de la Carta del Cielo.

trico, tanto en precisión como en homogeneidad, ya que al observar los objetos celestes desde el exterior de la atmósfera se evitarán las incertidumbres que introducen los modelos de refracción. La importancia del proyec-

diano; con vistas a alcanzar precisiones superiores a las actualmente conseguidos con el Círculo de la Universidad de Copenhague. En este sentido, el disponer en España de un segundo instrumento de altas

materializa la órbita del satélite con respecto a la referencia celeste generada por los catálogos estelares y la referencia terrestre que define la posición de las estaciones sobre la superficie de la Tierra. Como Vd. verá hay mucho de Astronomía en las bases de la navegación por satélites.

Por otra parte, quisiera sugerir que la tecnología ha evolucionado también en favor de la navegación astronómica. Hoy en día no tiene gran dificultad incluir en los ordenadores los formalismos básicos para el cálculo de las Efeméridas Astronómicas. En estas condiciones, si se dispone de sextante digital e intensificador de imagen, resulta fácil, rápido y cómodo utilizar los medios astronómicos y obtener la posición, con precesión suficiente y a lo largo de la noche, más rápidamente que con satélites y con la sola limitación de las condiciones meteorológicas.

Mi opinión personal, por todo lo anterior, es que la Astronomía es intrínseca a la navegación, nace con ella, sigue su desarrollo tecnológico y estará presente, siquiera sea en el plano teórico básico, en el futuro de una navegación en que el espacio no le será ajeno.

En algunos ambientes, pienso que poco informados, se piensa que las inversiones en

Astronomía carecen de rentabilidad práctica, dejando aparte la importancia obvia del progreso científico. Para finalizar ¿podríamos conocer su opinión en estos aspectos?

Naturalmente, mi opinión es que el simple hecho de progresar en el conocimiento humano es ya de por sí un hecho que justifica la rentabilidad práctica de una ciencia. Pero es que además, la Astronomía, y en general las Ciencias del Espacio, son verdaderos motores del desarrollo, ya que la realización práctica de sus investigaciones exigen llevarse a cabo en condiciones de alto progreso tecnológico para adquirir la información en medios de un alto nivel de ruido. Los métodos de filtrado de esta información pueden aplicarse a la resolución de numerosos problemas industriales. Las señales recibidas desde el remoto espacio, o reflejadas en un satélite, son extraordinariamente débiles, y a partir de ellas debe extraerse la información y efectuar su análisis. Los trabajos científicos de observación exigen un trabajo continuo que, para mejorar su rendimiento, o por exigencias de la velocidad de reacción exigida, sólo pueden resolverse a través de una automatización de procedimientos y sistemas. Los medios y métodos son de aplicación inmediata a la ciencia y la indus-

tria. Los métodos espaciales han exigido reducir el tamaño y el peso de las piezas sin reducir el nivel de servicio. Todo ha conducido, en el próximo pasado, a desarrollos espectaculares que, como las aplicaciones electrónicas de la física del estado sólido, condujeron a los sistemas híbrido, circuitos integrados e impulsaron el diseño de los chips, cambiando no sólo los modelos industriales de producción y los sistemas sino, evidentemente, los métodos y niveles tecnológicos e incluso la vida individual y quizá, en el futuro, la forma de trabajo.

Las ciencias y técnicas en que trabaja están estrechamente correlacionadas con las tecnologías: óptica, electrónica, microondas, ordenadores y fotomultiplicadores. El esfuerzo en estos campos ha probado su utilidad para el desarrollo tecnológico de su ámbito.

Además, opino que en un Observatorio Naval, como este, no deberíamos olvidar un último comentario sobre las aplicaciones prácticas de la Astrometría como base común a la Geodesia y la Navegación.

Muchos de los métodos astronómicos usados por unos tienen su equivalente en los otros. Los instrumentos en sí son reflejo de una evolución creciente: el sextante del navegante evolucionó hacia el astrolabio Claude

Direncourt del geodesta y el perfeccionamiento de éste condujo al actual astrolabio impersonal Danjon del astrónomo. La cámara cenital fotográfica ha evolucionado recientemente hacia una versión portátil de carácter geodésico y los equipos de satélites se emplean indistintamente por navegantes, geodestas y astrónomos sin más variación que el medio en que se emplean y la precisión innata a cada profesión.

Quisiera finalizar recordando el hecho de que en la larga trayectoria de casi tres siglos que ha seguido la astrometría científica, los problemas básicos ligados a la Astronomía de posición han ido evolucionando desde sus raíces náuticas al estudio de problemas que entonces se consideraron secundarios y que hoy tienen un destacado relieve, como el refinamiento de la posición geométrica de los objetos celestes, la observación detallada del giro de la Tierra y el estudio de la hora de laboratorio buscando, en su conocimiento, el futuro más reciente de las navegaciones, las que realizan los satélites artificiales y las sondas espaciales, estas últimas, por el momento, limitadas a nuevas y constantes misiones de exploración hacia los objetos que componen nuestro Sistema Solar.

T. A.