UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS

CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA
(Centro Mixto C.S.I.C. - U.C.M.). MADRID

Publicación núm. 196

MUSEO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA

Guía de visita

por

M. J. Sevilla de Lerma



MADRID
2001

INSTITUTO DE ASTRONOMÍA Y GEODESIA

(UCM-CSIC)

MUSEO DE

ASTRONOMIA Y GEODESIA

Guía de visita

Miguel J. Sevilla de Lerma

Facultad de Ciencias Matemáticas

MADRID AÑO 2001

MUSEO DE ASTRONOMÍA Y GEODESIA

EL MUSEO

El museo de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid acoge una importante colección de instrumentos de Astronomía, Geodesia y Topografía de los siglos XIX y XX recogida gracias al esfuerzo del catedrático D. José María Torroja Menéndez (1919-1994) y de su equipo de colaboradores.

Esta colección se configuró con un fin didáctico: mostrar la evolución del instrumental y de los métodos usados en la Topografía, la Astronomía y la Geodesia durante los últimos 150 años.

Algunos de estos aparatos fueron empleados en los más importantes trabajos de Geodesia españoles realizados en la segunda mitad del siglo XIX. Entre estos trabajos, dirigidos por el general Ibáñez de Ibero, destacan el establecimiento de la red geodésica fundamental española y el primer enlace geodésico entre Europa y África a través del estrecho de Gibraltar.

Los aparatos más antiguos de la colección son los planetarios y una esfera celeste, todos ellos de uso exclusivamente didáctico, para ilustrar las teorías geocéntricas y heliocéntricas del sistema solar, así como la posición de las estrellas en la bóveda celeste.

Otro conjunto de aparatos de gran interés es el formado por los anteojos de lentes o refractores y los telescopios de espejos o reflectores, siendo estos de uso puramente astronómico o de observación de cuerpos celestes, pues no permiten la medición de ángulos.

Otros aparatos representados en la colección fueron empleados para la determinación de las coordenadas de vértices geodésicos: dos anteojos de pasos, un anteojo Talcott, un astrolabio de prisma y un excelente regulador o péndulo astronómico.

El grupo más numeroso de la colección es el de los teodolitos utilizados en Geodesia y Topografía. Algunos de éstos de gran precisión pueden apreciar hasta dos segundos en la medición de ángulos.

También se presenta una colección de niveles geodésicos y topográficos, aparatos de gabinete y delineación, sextantes y un sideróstato polar

Un último apartado corresponde al de los instrumentos utilizados por los profesores Torroja y Bonjera en sus experimentos. Permiten la observación de eclipses de Sol para determinar coordenadas de puntos de la superficie terrestre alejados en un mismo sistema de referencia.

Las cámaras expuestas determinaban con gran precisión el momento de los contactos interiores del eclipse. Este método fue aplicado con gran éxito, en 1952 en Kogo (Guinea), así como en 1954 en Sydkoster (Suecia), logrando de esta forma el reconocimiento internacional del grupo de investigadores españoles.

Por último se presentan las cámaras balísticas que participaron en la primera red geodésica europea por observación de satélites artificiales (1969-72). En este proyecto internacional las estaciones españolas de Madrid (Facultad de Ciencias) quedaron unidas con otras europeas de 14 países en un mismo sistema de referencia. También participaron en el primer enlace de Europa con África por satélites, cien años después de que lo hiciera el General Ibáñez por métodos clásicos.

Los fondos del Museo están formados por 72 instrumentos de los cuales suelen exponerse aproximadamente la mitad a la vez por razones de espacio. Los instrumentos expuestos se cambian de vez en cuando para mostrar todo el contenido en diferentes sesiones.

En el presente folleto se describen los instrumentos más antiguos que constituyeron la primera muestra expuesta en el año 2000. El orden corresponde al que seguiría un visitante comenzando por la vitrina número 1, de manera que le sirva de guía en su visita.

ÍNDICE DE INSTRUMENTOS

A001 Globo celeste de 1830
A002 Planetario de 1856
A003 Esfera armilar de 1850
A004 Tellurium de 1831
A005 Telescopio Gregory de 1820
A006 Telescopio Galileo de 1860
A007 Anteojo astronómico Merz de 1840
A008 Anteojo de pasos Troughton de 1830
A009 Anteojo de pasos Ertel de 1850
A010 Anteojo Talcott de 1900
A011 Anteojo ecuatorial Zeiss de 1910
A012 Anteojo ecuatorial Mailart de 1910
A013 Taquímetro Simons
A014 Teodolito geodésico Brunner de 1850
A015 Teodolito geodésico Pistor de 1860
A016 Teodolito geodésico Ertel de 1860
A017 Teodolito geodésico Breithaupt de 1881
A018 Teodolito Troughton de 1910
A019 Teodolito Dollond de 1900
A020 Teodolito Salmoiraghi de 1900
A021 Teodolito topográfico Troughton de 1900
A022 Teodolito topográfico Breithaupt de 1900
A023 Teodolito excéntrico Kern de 1900
A024 Brújula taquimétrica Bastos y Laguna de 1880
A025 Nivel topográfico Kern de 1930
A026 Nivel topográfico Graselli y Zamora de 1900
A027 Sideróstato polar de 1840
A028 Sextante marino Ulzchneider de 1890
A029 Sextante marino Loriux de 1890
A030 Astrolabio de prisma SOM de 1920
A031 Regulador astronómico Dent de 1870
A032 Cronómetro marino Paul Ditisheim de 1920
A033 Cronógrafo Favarger de 1920
A034 Pantógrafo Recarte de 1880
A035 Compás de mesa de 1920
A036 Goniómetro de 1900

A037 Regla trigonométrica Salmoiraghi de 1900
A038 Regla Coradi de 1920
A039 Transportador de ángulos de 1930
A040 Barómetro de cubeta Tonnelot de 1890
A041 Barómetro de cubeta Tonnelot de 1890
A042 Proyector de transparencias de 1900
A043 Heliotropo de 1850
A044 Proyector de 1930
A045 Accesorios de un telescopio
A046 Nombre desconocido Deleuil
A047 Electroimán de 1890
A049 Micrómetro de 1920

B001 Teodolito Zeiss de 1950
B002 Teodolito topográfico Zeiss
B003 Teodolito topográfico Zeiss de 1940
B004 Brújula Topográfica de 1940
B005 Nivel topográfico Zeiss de 1950
B006 Nivel Topográfico Galileo de 1960
B007 Nivel Kern de 1960
B008 Nivel topográfico Zeiss de 1970
B009 Nivel topográfico Zeiss de 1970
B010 Cámara afocal Torroja Bongera 1950
B011 Cámara para determinación de contactos 1954
B012 Cámara de fotos de 1920
B013 Cámara de fotos de 1930
B014 Calculadora Friden de 1940
B015 Calculadora Friden de 1940
B016 Calculadora Friden de 1940
B017 Banco óptico de 1930
B018 Accesorios de un microscopio de 1940
B019 Termómetro Centígrado Negreti de 1950

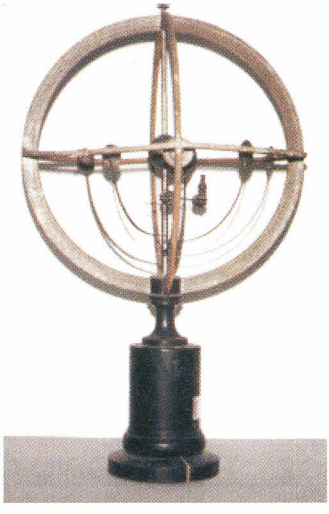
C001 Cámara balística IGN de 1960
C002 Proyector Braun de 1950
C003 Proyector SEG de 1920
C004 Calculadora de disco móvil de 1920

1.- GLOBOS Y PLANETARIOS (1,2,3,4)

Se trata de unos instrumentos de fines didáctico o de demostración, cuya fabricación data del segundo tercio del siglo XIX.



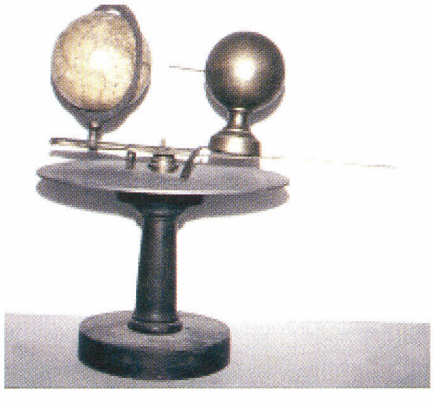
Img. 1 **GLOBO CELESTE 1830**



Img. 2 **PLANETARIO 1856**



Img. 3 **ESFERA ARMILAR 1850**



Img. 4 **TELLURIUM 1831**

El primero que se expone (1) es un globo celeste en el que están representadas las constelaciones y las estrellas más importantes de la bóveda celeste.

Los dos siguientes son dos planetarios que representan los modelos geocéntrico y heliocéntrico del sistema solar.

En el primero (2) encontramos los planetas Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, "42 planetas telescópicos agrupados", Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, indicando en cada uno de ellos su período de revolución. El segundo es una esfera armilar (3)

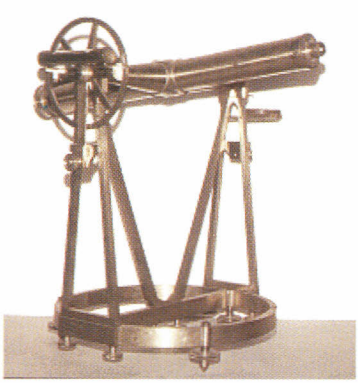
El cuarto instrumento (4) es un elemental modelo de mecánica celeste, construido por Dufour en París. Reproducía los movimientos de la Luna en torno a la Tierra y de ésta en torno al Sol, se le denomina Tellurium.

2.-. TELESCOPIO GREGORY Y ANTEOJOS DE PASOS (5,8,9)

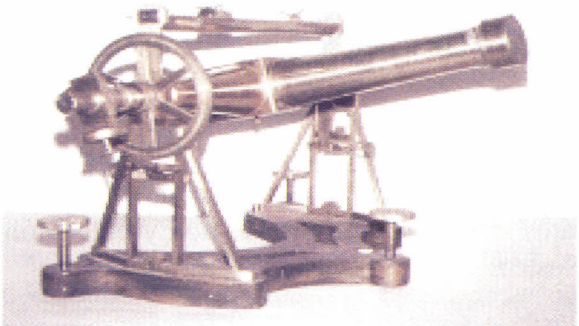
Estos aparatos estaban destinados para ser emplazados en el meridiano del lugar de observación.



Img. 5 **TELESCOPIO GREGORY 1820**



Img. 8 **ANTEOJO DE PASOS 1830**



Img 9. ANTEOJO DE PASOS (Ertel) 1850

Sirven para determinar el instante en el que un astro pasa por el meridiano en cuestión o realiza la denominada culminación superior.

Trabajaban acompañados de un reloj de precisión de tipo cronómetro o péndulo astronómico. La determinación de la hora exacta del paso del astro, permite obtener la ascensión recta que es otra de las coordenadas necesarias para conocer la posición de un astro en el cielo.

La otra coordenada es la declinación, o ángulo que forma la dirección del astro con el plano del ecuador celeste. Este ángulo se deduce de medidas hechas en el único limbo disponible en estos aparatos: el de los ángulos verticales.

Los instrumentos expuestos son dos anteojos de pasos de mediados del siglo pasado, construidos por Troughton en Inglaterra (8) y Ertel en Alemania (9).

El segundo fue instalado en el Mulhacen para el apoyo astronómico en la unión de las redes geodésicas española y argelina.

Acompañan a estos anteojos el telescopio reflector, o de espejos, construido por Nairne & Blunt en el siglo XIX (5).

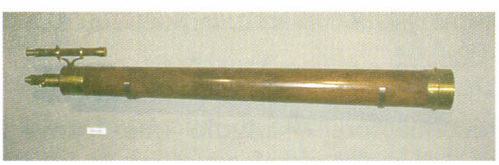
Es un telescopio de los de tipo Gregoriano útil para la observación aunque no apto para la obtención de coordenadas ya que no mide

ángulos. Este tipo de telescopios no invierte la imagen y por ello pueden ser utilizados como telescopios terrestres.

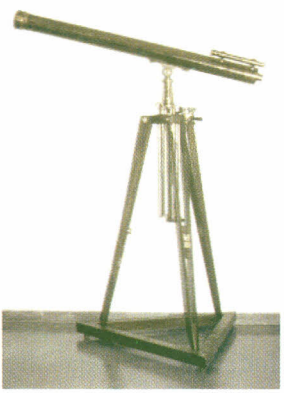
3.- ANTEOJOS ASTRONÓMICOS (7,6)

Estos aparatos sirven para la observación y obtención de imágenes de cuerpos celestes.

Constan fundamentalmente de un objetivo y un ocular, formados por dos sistemas de lentes. El objetivo recoge la luz y forma la imagen que es amplificada por el ocular. No permite la medida de ángulos, salvo que se le monte en un trípode preparado para ello.



Img. 7 **ANTEOJO ASTRONÓMICO 1840**



Img. 6 **TELESCOPIO GALILEO 1860**

El primero (7) es un gran anteojo refractor, o de lentes, construido por Merz und Sohn en Alemania hacia 1840. Posee una gran apertura ya que su objetivo es de 25 cm, tiene también una gran distancia focal y un elevado número de aumentos, lo que reduce su campo de visión. Esta es la razón por la que dispone de un pequeño anteojo superpuesto para localizar fácilmente el cuerpo celeste que se quiera enfocar. Está situado en la pared lateral de la sala.

El segundo (6) es un aparato del mismo tipo situado en el centro de la sala y construido por Deleuil en París hacia 1860. Este no posee una distancia focal tan grande como el primero, aunque también está

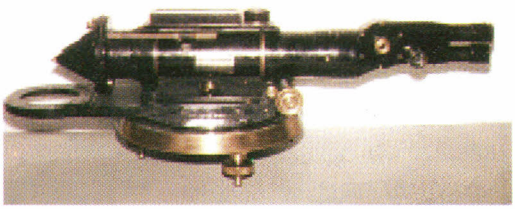
provisto de un pequeño anteojo buscador. Estos anteojos invierten la imagen, cosa intrascendente para la astronomía pero que los hace inadecuados para la observación terrestre.

4.- ANTEOJO TALCOTT. ASTROLABIO DE PRISMA (10,30)

Estos aparatos, ubicados en el centro de la sala, son unos instrumentos dedicados a determinar las coordenadas astronómicas, longitud y latitud, de puntos de la superficie terrestre. El primero (10) es un anteojo Talcott construido por Salmoiraghi, en 1900 y el segundo (30) un astrolabio de prisma SOM construido en la misma fecha por la Sociedad Óptica Francesa.



Img. 10 **ANTEOJO TALCOTT 1900**



Img. 30 **ASTROLABIO DE PRISMA 1920**

El anteojo Talcott determina la latitud mediante la observación del paso por el meridiano de dos estrellas que tengan distancias cenitales muy próximas. Con un micrómetro de alta precisión instalado en el ocular se mide la diferencia de distancias cenitales. Los tiempos de paso se miden con un cronómetro. Con los datos observados y fórmulas de trigonometría esférica se obtienen las coordenadas buscadas.

El astrolabio de prisma sirve para determinar simultáneamente las dos coordenadas de un punto del planeta, pero su sistema de medida es diferente al anterior. Se observan estrellas a su paso por un mismo almicantarat o círculo paralelo al del horizonte.

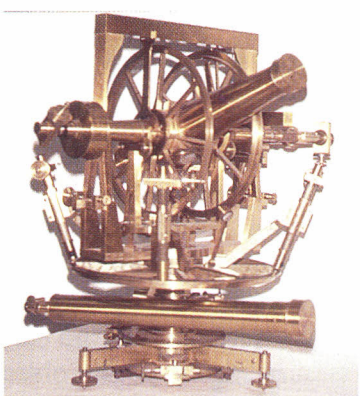
En el ocular se observan dos imágenes de la misma estrella, una que viene directamente del prisma y otra reflejada por un baño de mercurio.

El instante de superposición de las dos imágenes coincide con el tiempo de paso de la estrella por el almicantarat. Con estos datos se determinan las coordenadas astronómicas del punto de observación. Esta observación puede efectuarse en cualquier parte del cielo, pues no es necesario observar los pasos meridianos de las estrellas.

5.- TEODOLITO GEODÉSICO BRUNNER (14)

Este aparato es un importante teodolito geodésico fabricado especialmente para la elaboración de la red geodésica española por el constructor francés Brünner a mediados del siglo pasado.

Los teodolitos geodésicos son aparatos universales capaces de medir ángulos horizontales o acimutes y verticales o alturas con extrema precisión.



Img. 14 **TEODOLITO GEODÉSICO BRUNNER 1850**

Disponen para ello de una montura especial llamada altacimutal. Fueron utilizados para la observación desde los vértices geodésicos para la consiguiente triangulación de la red geodésica española de primer orden. Como las distancias entre estos vértices pueden superar

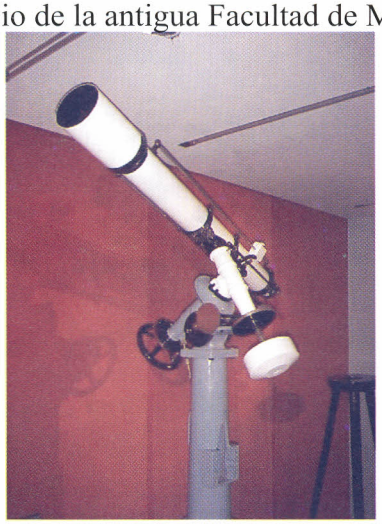
los 100 kilómetros, los más pequeños errores en la medida puede causar un gran error en el cálculo de los triángulos de la red y el posterior cálculo de coordenadas.

Este instrumento tiene una precisión del segundo de arco, con una distancia focal de 64 centímetros y una apertura de 52 milímetros. Es reiterador en la medida de ángulos y reversible a fin de realizar promedios de medidas. Dispone para su orientación de un anteojo debajo del limbo de los ángulos azimutales. El ocular es acodado y se sitúa en el eje de muñones, lo que resulta especialmente cómodo para el observador, pues con independencia del ángulo que forme el anteojo, el ocular está siempre a la misma altura.

Este aparato, encargado por el general Ibáñez de Ibero, fue empleado para el establecimiento de la base geodésica de Madridejos y para el enlace entre Ocaña y el Observatorio del Retiro.

6.- ANTEOJO ECUATORIAL (11)

Este instrumento es un anteojo ecuatorial de tipo medio de la casa Zeiss y fabricado en el primer tercio de este siglo. Ha sido utilizado por los estudiantes en sus prácticas hasta el año 1990 y estaba instalado en el edificio de la antigua Facultad de Matemáticas.



Img. 11 **ANTEOJO ECUATORIAL (1910)**

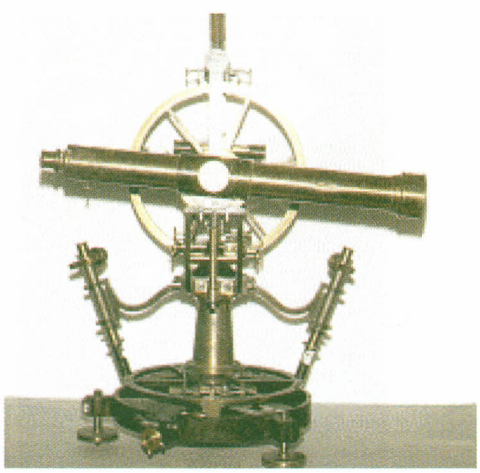
La característica principal de los anteojos ecuatoriales es que tienen montura ecuatorial, es decir van montados de forma que les posibilita el movimiento alrededor de un eje paralelo al eje de la Tierra o eje horario, así como el movimiento alrededor de un segundo eje perpendicular al primero o eje de declinación.

De esta forma puede orientarse para observar un astro en cualquier región del cielo cuya posición quede determinada por sus coordenadas ecuatoriales. Suelen estar provistos de un motor (como es este caso) que hace girar al anteojo siguiendo el movimiento aparente diurno de la bóveda celeste, permitiendo de esta forma la observación continuada, visual o fotográfica, de un astro.

Estos instrumentos permiten utilizar diferentes tipos de oculares ópticos y otros aparatos de observación especiales como fotómetros, espectrógrafos, cámaras fotográficas, etc. Esta versatilidad les confiere gran importancia, aunque no estén indicados para determinar directamente coordenadas de estrellas o planetas.

7.- TEODOLITO GEODÉSICO PISTOR (15)

Teodolito fabricado por la casa alemana Pistor & Martins en 1850.



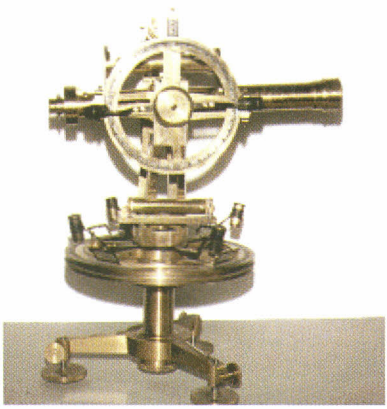
Img. 15 **TEODOLITO GEODÉSICO PISTOR 1850**

Es un aparato semejante al Brünner, diferenciándose de él en que éste es excéntrico y es de prestaciones algo más limitadas.

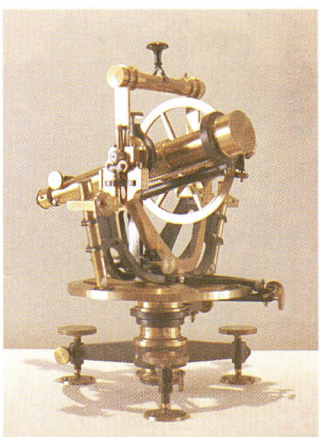
Fue utilizado en los trabajos de observación para la red geodésica fundamental española.

8.- OTROS TEODOLITOS GEODÉSICOS (16,17)

Pareja de teodolitos geodésicos fabricados por los constructores alemanes Ertel & Söhn (16) y Breithaupt & Söhn (17) en la segunda mitad del siglo XIX.



Img. 16 **TEODOLITO GEODÉSICO 1860**



Img. 17 **TEODOLITO GEODÉSICO 1881**

El primero es un teodolito sexagesimal. En el limbo azimutal tiene cuatro microscopios y en el cenital dos. Su distancia focal es de 35 cm y su apertura de 30 mm. El aparato dispone de tres niveles de burbuja.

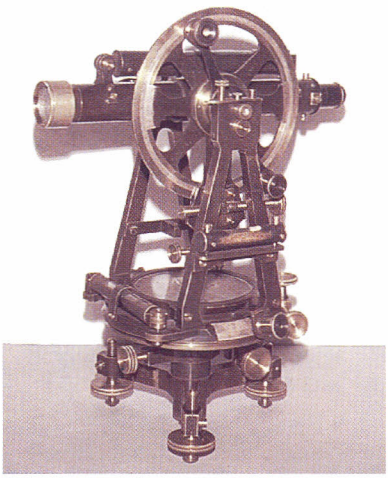
El segundo tiene la escala de ángulos azimutales sumergida y sobre ella hay dos microscopios micrométricos diametralmente opuestos. En la escala cenital hay otros dos microscopios contrapuestos. En la base hay un nivel circular y en el eje horizontal otro transversal. El aparato puede ir montado sobre in trípode de madera y latón y dispone de plomada para el estacionamiento.

Ambos poseen montura altacimutal y ofrecen prestaciones y precisión de medición inferiores al de Brünner y de Pistor siendo utilizados en los trabajos de la red geodésica de primer orden.

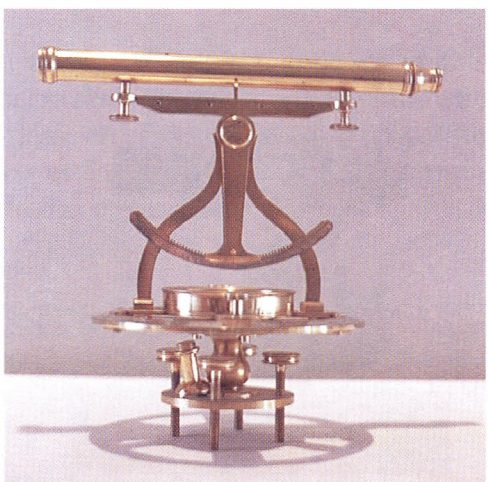
9.- APARATOS TOPOGRÁFICOS

(18,13, 20,21,22,23,24,25,26)

Colección de diferentes aparatos utilizados en trabajos de topografía formada por cinco teodolitos, dos niveles y una brújula taquimétrica.



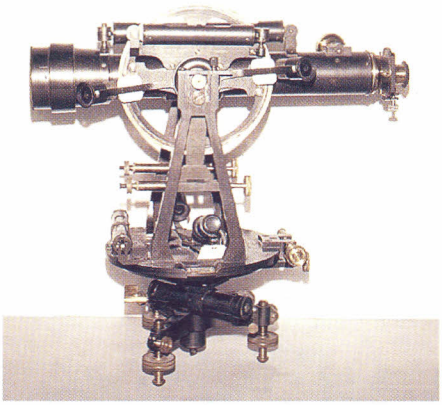
Img. 18 **TEODOLITO TROUGHTON 1910**



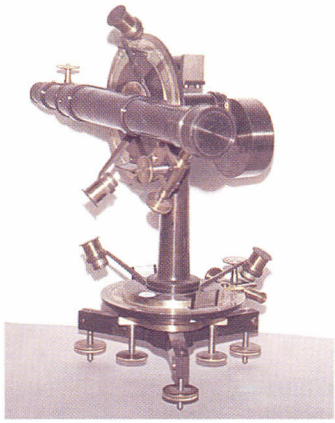
Img. 13 **TAQUÍMETRO SIMONS**

Estos instrumentos, además de haber servido para los trabajos ordinarios de campo, son unos instrumentos muy didácticos pues todas sus partes están a la vista del observador.

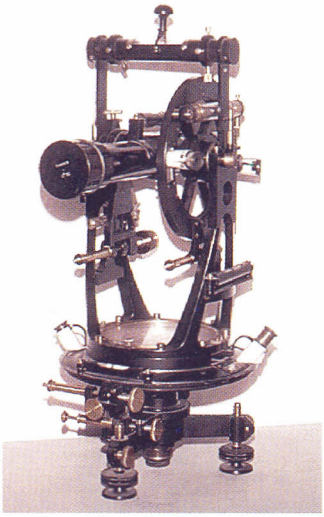
El teodolito Troughton, por ejemplo, que es un teodolito reversible sexagesimal, deja visibles su limbo azimutal, sus dos microscopios y su nivel transversal. También puede apreciarse el limbo cenital que va dividido en cuatro cuadrantes de 90º y que lleva dos microscopios diametralmente opuestos. El anteojo tiene una cruz filar simple y escalilla estadimétrica.



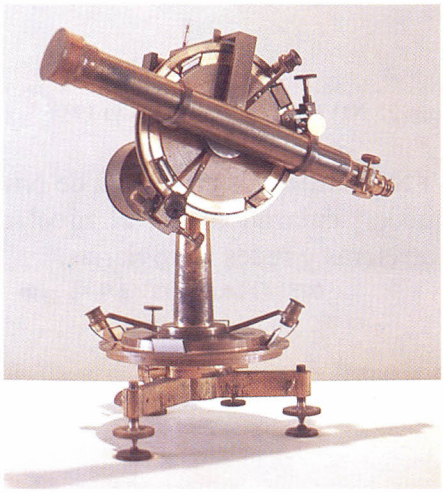
Img. 20 **TEODOLITO 1900**



Img. 21 **TEODOLITO 1900**



Img. 22 **TEODOLITO 1900**



Img. 23 **TEODOLITO EXCÉNTRICO 1900**

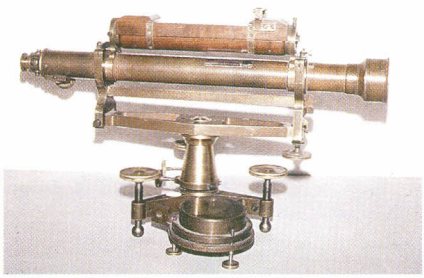
Los trabajos topográficos no exigen precisiones tan altas como los trabajos geodésicos. Las zonas estudiadas son mucho más reducidas y las visuales entre puntos no suelen llegar a los 4 kilómetros de separación.

Los teodolitos topográficos, aunque funcional y operativamente son equivalentes a los geodésicos, no necesitaban una precisión mayor

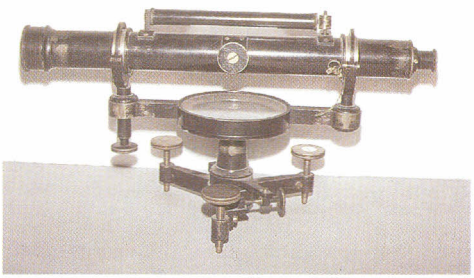
al minuto de arco, por esto son mucho más ligeros y más fáciles de transportar y estacionar.

Algunos poseen un dispositivo estadimétrico que permite calcular directamente distancias, valiéndose de una mira de enfoque.

Los niveles son aparatos destinados a determinar diferencias de altitudes de puntos de la superficie terrestre.



Img. 25 **NIVEL TOPOGRÁFICO 1930**



Img. 26 **NIVEL TOPOGRÁFICO 1900**

Son utilizados en la Red de Nivelación, mediante la cual los puntos quedan enlazados con el nivel del mar, así como nivelaciones de carreteras y redes ferroviarias.

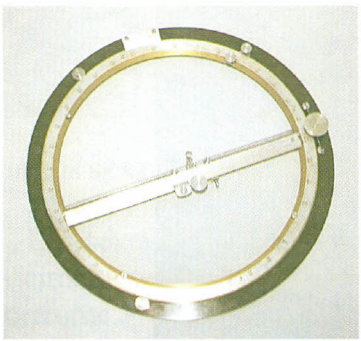


Img. 24 **BRÚJULA TAQUIMÉTRICA 1880**

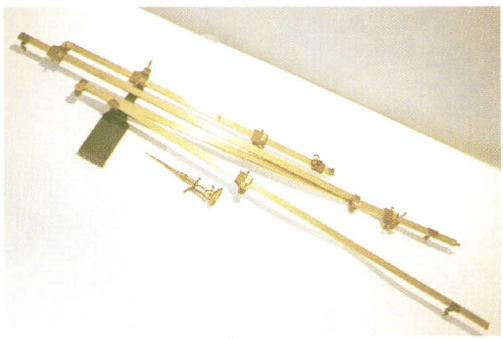
Las brújulas taquimétricas por su escasa precisión tal vez fueron los aparatos más utilizados en trabajos de poca importancia, debido a su cómodo manejo y a que los ángulos horizontales que se miden quedan determinados y orientados con respecto al norte magnético que señala la brújula que lleva incorporada.

10.- APARATOS DE GABINETE Y DELINEACIÓN (39,34,35,36)

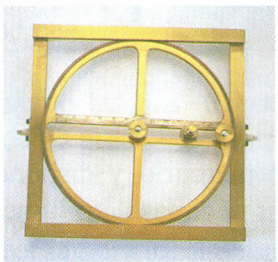
Nos encontramos ante un conjunto de instrumentos que fueron empleados en la delineación y trabajos cartográficos de gabinete.



Img. 39 **TRANSPORTADOR 1930**



Img. 34 **PANTÓGRAFO 1880**



Img. 35 **COMPÁS DE MESA 1920**

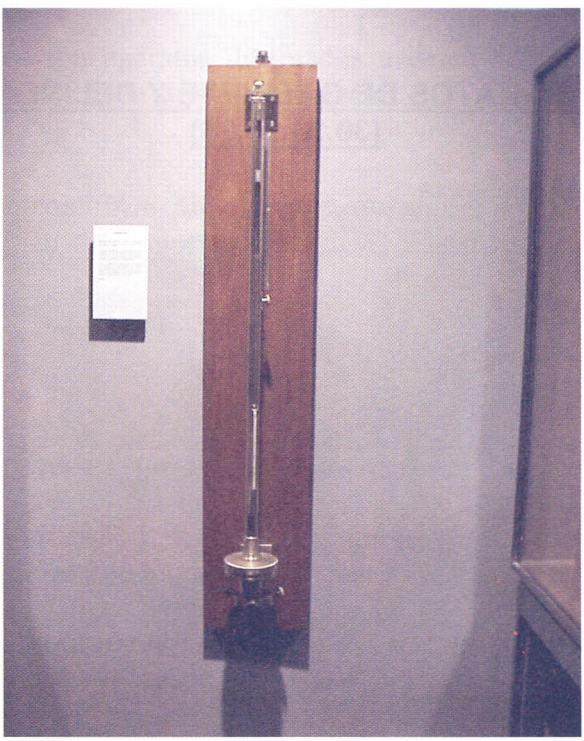


Img. 36 **GONIÓMETRO 1900**

Entre ellos tenemos un pantógrafo para ampliar y reducir planos, un compás de elipses y un transportador de ángulos. Todos ellos de diferentes fabricantes y correspondientes a la época que abarca el Museo.

11.- BARÓMETRO (40)

Este es un barómetro de cubeta o de columna de mercurio fabricado en Francia por Tonnelot hacia 1890.



Img. 40 **BARÓMETRO 1890**

La escala está grabada en milímetros de mercurio y dispone del correspondiente nonius para poder apreciar las décimas de milímetro.

Posee, además, un termómetro para corregir la lectura de la presión atmosférica en función de la temperatura.

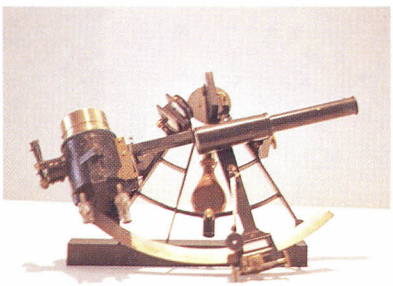
Estos aparatos sirven para realizar pronósticos meteorológicos a la vez que para determinar la altura aproximada de un punto sobre el nivel del mar, utilizando el fenómeno de disminución de la presión atmosférica con la altura.

12.- SEXTANTES (28,29)

Los dos sextantes que se exponen son de uso marino; el primero fabricado en Alemania hacia 1890 tiene los espejos, filtros solares y nonius micrométrico, y el segundo algo posterior de fabricación francesa también muestra sus componentes.



Img. 28 **SEXTANTE MARINO 1890**



Img. 29 **SEXTANTE MARINO 1890**

Los sextantes son aparatos de reflexión cuya escala es un sexto de la circunferencia y que permiten medir la altura de un astro sobre el horizonte.

Superponen dos imágenes: la del astro y la del horizonte por medio del índice que lleva unido el gran espejo.

Cuando las dos imágenes coinciden, en la escala se lee la altura, medida en grados, del astro sobre el horizonte.

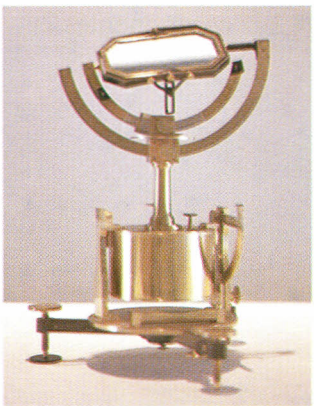
Si se dispone de una tabla de efemérides solares, su altura permite conocer la hora local del punto de observación.

Su empleo en tierra es poco adecuado al ser la línea del horizonte irregular y afectada por los accidentes topográficos.

Algunos sextantes disponen de un horizonte artificial acoplado para paliar este inconveniente.

13.- SIDERÓSTATO POLAR (27)

El sideróstato es un curioso aparato anónimo, aunque el constructor de la relojería fue el famoso relojero suizo Garnier.



Img. 27 **SIDERÓSTATO POLAR 1840**

El instrumento consiste en un espejo cuyo eje principal es paralelo al de la Tierra y que gira a la misma velocidad que lo hace aparentemente la bóveda celeste.

De esta forma, emplazando el aparato en un punto determinado, siempre ofrece la misma imagen de la parte del cielo que interese estudiar o del astro a que se desea seguir, es decir permite convertir un anteojo fijo en uno ecuatorial de seguimiento continuo.

14.- CRONÓMETRO Y CRONÓGRAFO (32,33)

El aparato expuesto es un cronómetro de tipo marino fabricado por el suizo Ditisheim en 1920.

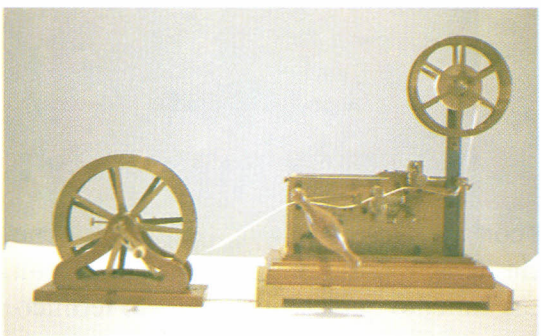
Los cronómetros son aparatos portátiles de gran precisión que empezaron a perfeccionarse en los siglos XVIII y XIX, permitiendo resolver de un modo sencillo el eterno problema en la navegación de conocer la longitud geográfica.



Img. 32 **CRONÓMETRO MARINO 1920**

Los cronómetros llevaban la hora de un meridiano de referencia y midiendo la hora local del punto donde se encontrara el buque, la diferencia entre ambas daba la longitud geográfica.

El cronógrafo es un registrador gráfico de tiempos en cinta de papel.



Img. 33 **CRONÓGRAFO 1920**

El aparato recibe las señales de un péndulo astronómico o de un cronómetro marino y lar marca en el papel, también marca el instante de un suceso por acción del observador dejando señalado el tiempo físico en el que ha sucedido un determinado evento, como puede ser el paso de un astro por el meridiano.

15.- REGULADOR ASTRONÓMICO (31)

Estamos ante un regulador o péndulo astronómico construido por el famoso relojero inglés Dent en la segunda mitad del siglo XIX.

Se trata de un reloj de altísima precisión cuyo péndulo bate segundos.



Img. 31 **REGULADOR ASTRONÓMICO**

El péndulo consiste en un recipiente que contiene mercurio, cuya dilatación hacia arriba por aumento de temperatura compensa la dilatación o alargamiento que el mismo efecto térmico produciría en la varilla, con el consiguiente retraso del reloj.

Estos aparatos eran imprescindibles en los observatorios astronómicos para determinar el instante de paso de un astro determinado por el meridiano del lugar de observación con respecto al paso de un punto de referencia.

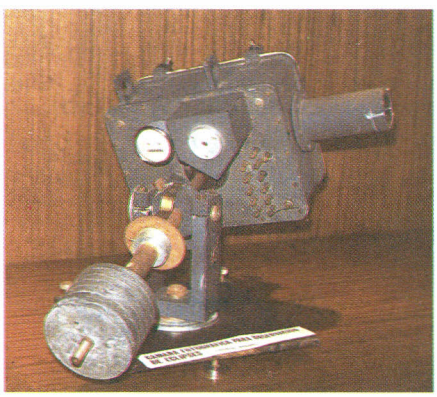
El tiempo medido así en escala sidérea es una de las coordenadas que se utilizan para conocer la posición de los astros en el cielo y se conoce como ascensión recta.

El reloj puede ser ajustado a la escala de tiempo sidéreo en la que la duración de un día es 3 minutos y 56 segundos más corta que el día solar medio, a cuya escala es a la que están adaptados nuestros relojes.

Este regulador esta ajustado para señalar la hora local de Madrid.

16.- CÁMARA AFOCAL (Torroja-Bongera) (B10)

El material del Museo de Astronomía y Geodesia permite también acercarse a experimentos más modernos como son los realizados por José María Torroja y Vicente Bongera en la utilización de los fenómenos naturales como los eclipses para la observación y medición.



Img. B10 **CÁMARA AFOCAL 1952**

En la colección tenemos dos cámaras, una de ellas fabricada en los talleres de la Facultad de Ciencias de Madrid.

La primera constituye un nuevo sistema para determinar con gran precisión la hora de los contactos interiores de un eclipse de Sol, método al que los propios autores llamaron "afocal".

Este instrumento, junto a una unidad de control de la cámara y el equipo de recepción de hora, fue utilizado por los investigadores españoles durante el eclipse del 25 de febrero de 1952 en Kogo (Guinea).

Dispuso de un sistema óptico que limitaba un ángulo sólido de unos cinco grados y de un dispositivo mecánico que desplazaba la película a una velocidad uniforme. En la misma película se registraban las señales de tiempo y una intensidad luminosa conocida, procedente de una lámpara que producía sobre la película una impresión que se tomaba como referencia para contrastar diferencias de revelado, o variaciones en la velocidad de deslizamiento durante la observación.

La cámara se componía de un cuerpo principal de forma prismática donde iban alojados dos motores, uno para el arrastre y otro para el rebobinado de la película.

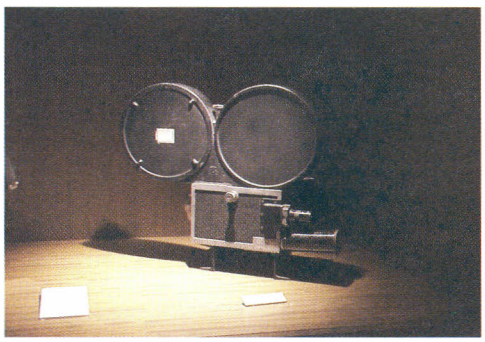
El instrumento tiene montura universal, y descansa sobre una pesada placa de fundición con tres puntos de apoyo, dos de los cuales son tornillos nivelantes. Llevaba también dos círculos graduados con sus correspondientes mordazas que permitían orientar la cámara en caso de nubosidad.

El sistema óptico iba montado sobre un tubo de fundición de aluminio de 70 mm de diámetro interior y 360 de largo; estaba formado por un objetivo de 50 mm de diámetro, y 290 de distancia focal, cubierto con un diafragma de cuatro ranuras.

17.- CÁMARA PARA CONTACTOS (B11)

Esta es la segunda de las cámaras diseñadas y construidas por los profesores Torroja y Bongera para la observación de eclipses de Sol.

Se trata de una modificación de la anterior con lo que la precisión obtenida en la determinación del tiempo de los contactos era mucho mayor; fue utilizada en los eclipses de 30 de junio de 1954 en Sydkoster (Suecia) y en el de 2 de octubre de 1959 en El Aiun.



Img. B11 **CÁMARA PARA CONTACTOS 1954**

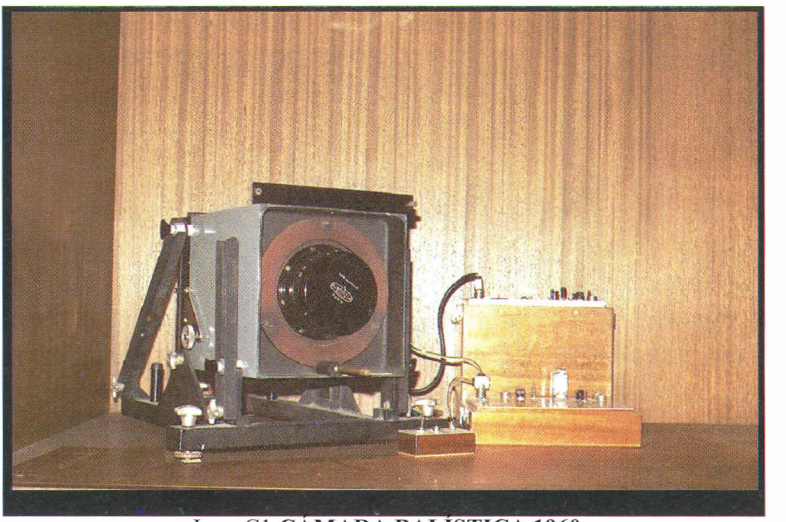
La principal diferencia con la cámara anterior es la incorporación al sistema de un sideróstato polar que permite que la cámara permanezca fija y que permanentemente pueda mantenerse en el campo sólo el borde solar en el que se produce el contacto.

18.- CÁMARA BALÍSTICA (C10)

En los años 60 la investigación geodésica experimenta una gran evolución. El comienzo de la era espacial abrirá nuevos horizontes. Esto hará que trabajos dedicados la observación de eclipses desde un punto de vista geodésico, pasen a un segundo plano, dejando paso y prioridad a la observación de satélites geodésicos.

Es aquí donde hay que situar las cuatro cámaras balísticas, de las que se expone una, compradas al Instituto Geográfico Nacional de Francia, para la observación fotográfica de satélites geodésicos. El equipo se completó con la adquisición de un cronógrafo de precisión Omega además de otros aparatos para la medida del tiempo que permitieron realizar trabajos de gran precisión.

Con ellos se trabajó en proyectos internacionales de Geodesia Espacial como WEST de triangulación por satélites de Oeste de Eoropa y EURÁFRICA para el primer enlace intercontinental por satélites.



Img. C1 **CÁMARA BALÍSTICA 1960**

Este tipo de instrumentos serán los que den paso a las técnicas más recientes utilizadas en la Geodesia Espacial como son el láser, el Doppler y el GPS.

El instrumento está destinado a tomar fotografías de objetos celestes sobre fondo de estrellas con fines astrométricos.

La montura de esta cámara es altacimutal, permaneciendo fija durante la observación. El campo visual es de 30 grados cuadrados, aunque la zona útil se reduce a un círculo de 6 centímetros de radio por efecto de la distorsión del objetivo. Las fotografías se toman en soporte de vidrio para evitar deformaciones.

Lleva incorporado un sistema de obturador giratorio con lectura estroboscópica para interrumpir a intervalos regulares las trazas de los objetos fotografiados aislando así las imágenes puntuales a las que se les asignan tiempos.

Todo el mecanismo está controlado por un reloj de precisión que permite, con el correspondiente control por señales horarias de radio, fijar los tiempos de la observación con una precisión mayor que el milisegundo.

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE — MADRID

(Antes Seminario de Astronomía y Geodesia)

1.—Efemérides de 63 Asteroides para la oposición de 1950 (1949).
2.—E. PAJARES: Sobre el cálculo gráfico de valores medios (1949).
3.—J. PENSADO: Orbita del sistema visual σ^2 U Maj (1950).
4.—Efemérides de 79 Asteroides para la oposición de 1951 (1950).
5.—J. M. TORROJA: Corrección de la órbita del Asteroide 1395 "Aribeda" (1950).
6.—R. CARRASCO y J. M. TORROJA: Rectificación de la órbita del Asteroide 1371 "Resi" (1971).
7.—J. M. TORROJA y R. CARRASCO: Rectificación de la órbita del Asteroide 1560 (1942 XB) y efemérides para la oposición de 1951 (1951).
8.—M. L. SIEGRIST: Orbita provisional del sistema visual Σ 728-32 Orionis (1951).
9.—Efemérides de 79 Asteroides para la oposición de 1952 (1951).
10.—J. PENSADO: Orbita provisional de Σ 1883 (1951).
11.—M. L. SIEGRIST: Orbita provisional del sistema visual Σ 2052 (1952).
12.—Efemérides de 88 Asteroides para la oposición de 1953 (1952).
13.—J. PENSADO: Orbita de ADS 9380 = Σ 1879 (1952).
14.—F. ALCÁZAR: Aplicaciones del Radar a la Geodesia (1952).
15.—J. PENSADO: Orbita de ADS 11897 = Σ 2438 (1952).
16.—B. RODRÍGUEZ-SALINAS: Sobre varias formas de proceder en la determinación de períodos de las marcas y predicción de las mismas en un cierto lugar (1952).
17.—R. CARRASCO y M. PASCUAL: Rectificación de la órbita del Asteroide 1528 "Conrada" (1953).
18.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Orbita de ADS 1709 = Σ 228 (1953).
19.—J. BALTÁ: Recientes progresos en Radioastronomía. Radiación solar hiperfrecuente (1953).
20.—J. M. TORROJA y A. VÉLEZ: Corrección de la órbita del Asteroide 1452 (1938 DZ_1) (1953).
21.—J. M. TORROJA: Cálculo con Cracovianos (1953).
22.—S. AREND: Los polinomios ortogonales y su aplicación en la representación matemática de fenómenos experimentales (1953).
23.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Determinación de los instantes de los contactos en el eclipse total de Sol de 25 de febrero de 1952 en Cogo (Guinea Española) (1954).
24.—J. PENSADO: Orbita de la estrella doble Σ 2 (1954).
25.—J. M. TORROJA: Nueva órbita del Asteroide 1420 "Radcliffe" (1954).
26.—J. M. TORROJA: Nueva órbita del Asteroide 1557 (1942 AD) (1954).
27.—R. CARRASCO y M. L. SIEGRIST: Rectificación de la órbita del Asteroide 1290 "Albertine" (1954).
28.—J. PENSADO: Distribución de los períodos y excentricidades y relación período-excentricidad en las binarias visuales (1955).
29.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Nueva órbita del Asteroide 1372 "Haremari" (1955).
30.—M. DE PASCUAL: Rectificación de la órbita del Asteroide 1547 (1929 CZ) (1955).
31.—J. M. TORROJA: Orbita del Asteroide 1554 "Yugoslavia" (1955).
32.—J. PENSADO: Nueva órbita del Asteroide 1401 "Lavonne" (1956).
33.—J. M. TORROJA: Nuevos métodos astronómicos en el estudio de la figura de la Tierra (1956).
34.—D. CALVO: Rectificación de la órbita del Asteroide 1466 "Mündleira" (1956).
35.—M. L. SIEGRIST: Rectificación de la órbita del Asteroide 1238 "Predappia" (1956).

36.—J. PENSADO: Distribución de las inclinaciones y de los polos de las órbitas de las estrellas dobles visuales (1956).

37.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Resultados de la observación del eclipse total de Sol de 30 de junio de 1954 en Sydkoster (Suecia) (1957).

38.—ST. WIERZBINSKI: Solution des équations normales par l'algorithme des cracoviens (1958).

39.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Rectificación de la órbita del Asteroide 1192 "Prisma" (1958).

40.—M. LÓPEZ ARROYO: Sobre la distribución en longitud heliográfica de las manchas solares (1958).

41.—F. MÚGICA: Sobre la ecuación de Laplace (1958).

42.—F. MARTÍN ASÍN: Un estudio estadístico sobre las coordenadas de los vértices de la triangulación de primer orden española (1958).

43.—ST. WIERZBINSKI: Orbite améliorée de h 4530 = γ Cen = Cpd —48°. 4965 (1958).

44.—D. CALVO BARRENA: Rectificación de la órbita del Asteroide 1164 "Kobolda" (1958).

45.—M. LÓPEZ ARROYO: El ciclo largo de la actividad solar (1959).

46.—F. MÚGICA: Un nuevo método para la determinación de la latitud (1959).

47.—J. M. TORROJA: La observación del eclipse de 2 de octubre de 1959 desde El Aaiun (Sahara) (1960).

48.—J. M. TORROJA, P. JIMÉNEZ-LANDI y M. SOLÍS: Estudio de la polarización de la luz de la corona solar durante el eclipse total de Sol del día 2 de octubre de 1959 (1960).

49.—E. PAJARES: Sobre el mecanismo diferencial de un celóstato (1960).

50.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Sobre la diferencia entre los radios vectores del elipsoide internacional y el esferoide de nivel (1960).

51.—J. M. TORROJA: Resultado de las observaciones del paso de Mercurio por delante del disco solar del 7 de noviembre de 1960 efectuadas en los observatorios españoles (1961).

52.—F. MÚGICA: Determinación de la latitud por el método de los verticales simétricos (1961).

53.—M. LÓPEZ ARROYO: La evolución del área de las manchas solares (1962).

54.—F. MÚGICA: Determinación simultánea e independiente de la latitud y longitud mediante verticales simétricos (1962).

55.—P. DÍEZ-PICAZO: Elementos de la órbita de la variable eclipsante V 499 Scorpionis (1964).

56.—J. M. TORROJA: Los Observatorios Astronómicos en la era espacial (1965).

57.—F. MARTÍN ASÍN: Nueva aportación al estudio de la red geodésica de primer orden española y su comparación con la red compensada del sistema europeo (1966).

58.—F. SÁNCHEZ MARTÍNEZ: La Luz Zodiacal. Luz del espacio interplanetario (1966).

59.—J. M. GONZÁLEZ-ABOÍN: Variaciones de las coordenadas geodésicas de los vértices de una red, por cambio de elipsoide de referencia (1966).

60.—F. SÁNCHEZ MARTÍNEZ y R. DUMONT: Fotometría absoluta de la raya verde y del continuo atmosférico en el Observatorio Astronómico del Teide (Tenerife), de enero de 1964 a julio de 1965 (1967).

61.—M. REGO: Estudio del espectro de la estrella 31 Aql. en la región $\lambda\lambda$ 4000-6600 A (1969).

62.—C. MACHÍN: Mareas terrestres (1969).

63.—J. M. TORROJA: La estación para la observación de satélites geodésicos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid (1969).

64.—M. J. SEVILLA: Reducción automática de posiciones de estrellas (1970).

65.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid en 1969 (1970).

66.—M. J. SEVILLA: Los cálculos de estación en triangulación espacial (1970).

67.—MANUEL E. REGO: Determinación de las abundancias de los elementos en la atmósfera de la estrella de alta velocidad 31 Aql. (1970).

68.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Análisis cualitativo del espectro de la estrella peculiar HD 18474 (1971).

69.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1970 (1971).

70.—R. VIEIRA y R. ORTIZ: Descripción de un aparato para medida de coordenadas (1971).

71.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1971 (1972).

72.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Observación y estudio teórico del espectro de la estrella peculiar HD 18474 (1972).

73.—M. J. SEVILLA: Cálculo de las constantes de distorsión y parámetros del disco obturador para cámaras balísticas (1973).

74.—R. PARRA y M. J. SEVILLA: Cálculo de efemérides y previsiones de pasos de satélites geodésicos (1973).

75.—M. REGO y M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Resultado de las observaciones de α Peg efectuadas desde el satélite europeo TDI (1973).

76.—E. SIMONNEAU: Problemas en la determinación de abundancias de elementos en las estrellas en condiciones de equilibrio termodinámico local y alejadas del equilibrio termodinámico local (1974).

77.—J. ARANDA: Construcción de modelos de estructura interna para estrellas en la secuencia principal inicial (1974).

78.—R. ORTIZ, M. J. SEVILLA y R. VIEIRA: Estudio de la calibración, técnica de medida y automatización de datos en un comparador para medidas de placas estelares (1974).

79.—M. J. SEVILLA: Método autocorrector para el cálculo de direcciones de satélites geodésicos y análisis de los errores en la restitución de un arco de órbita (1974).

80.—M. A. ACOSTA, R. ORTIZ y R. VIEIRA: Diseño y construcción de un fotómetro fotoeléctrico para la observación de ocultaciones de estrellas por la Luna (1974).

81.—T. J. VIVES, C. MORALES, J. GARCÍA-PELAYO y J. BARBERO: Fotometría fotográfica UBV del cúmulo galáctico King 19 (1974).

82.—R. ORTIZ y R. VIEIRA: Control automático en posición y tiempo de los sistemas de obturación de las cámaras de observación de satélites geodésicos (1974).

83.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1972 y 1973 (1974).

84.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA y M. REGO: α CrB en el ultravioleta lejano (1975).

85.—J. M. TORROJA, R. VIEIRA, R. ORTIZ y M. J. SEVILLA: Estudio de mareas terrestres en España (1975).

86.—M. J. SEVILLA y R. PARRA: Levantamiento gravimétrico de Lanzarote (1975).

87.—P. KUNDANMAL SUKHWANI: Modelos teóricos de curvas de luz. Su aplicación al sistema β Lyrae (1975).

88.—M. J. SEVILLA: Coordenadas astronómicas y geodésicas. Desviación relativa de la vertical (1975).

89.—C. TEJEDOR: Fotometría fotoeléctrica R. G. U. del cúmulo galáctico IC 2581 (1976).

90.—M. J. SEVILLA: Nuevos coeficientes para la reducción automática de posiciones de estrellas (1976).

91.—M. REGO: Técnicas observacionales en espectroscopía astrofísica (1976).

92.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud por distancias cenitales de la polar, método de Littrow (1976).

93.—T. J. VIVES: Determinación fotométrica del tipo espectral de la componente desconocida de una estrella binaria eclipsante (1976).

94.—M. REGO y M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Contraste y determinación por métodos astrofísicos de fuerzas de oscilador (1977).

95.—M. J. SEVILLA y R. CHUECA: Determinación de acimutes por observación de la Polar. Método micrométrico (1977).

96.—JOSÉ M. GARCÍA-PELAYO: Fotometría R G U en un campo del anticentro galáctico, cerca del NGC 581 (1977).

97.—JOSÉ M. GARCÍA-PELAYO: Datos fotométricos de 2.445 estrellas estudiadas en la región de Casiopea, entre los cúmulos abiertos Trumpler 1 y NGC 581 (1977).

98.—PREM K. SUKHWANI y RICARDO VIEIRA: Spectral Analysis of Earth Tides (1977).

99.—JOSÉ M. TORROJA y RICARDO VIEIRA: Earth Tides in Spain. Preliminary results (1977).

100.—PREM K. SUKHWANI y RICARDO VIEIRA: Three different methods for taking in account the gaps in spectral analysis of Earth Tides records (1978).

101.—R. VIEIRA: Mareas terrestres (1978).

102.—M. J. SEVILLA y A. NÚÑEZ: Determinación de la longitud por el método de Mayer. Programas de cálculo automático (1979).

103.—M. J. SEVILLA y A. NÚÑEZ: Determinación de la latitud por el método de Sterneck. Programas de cálculo automático (1979).

104.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud y la longitud por el método de alturas iguales. Programas de cálculo automático (1979).

105.—P. K. SUKHWANI y A. GIMÉNEZ: Corrección de efectos atmosféricos para imágenes tomadas desde satélites Landsat (1979).

106.—M. J. SEVILLA: Inversión de Matrices Simétricas en el método de mínimos cuadrados (1979).

107.—A. GIMÉNEZ: Análisis de la curva de luz del sistema binario eclipsante S Velorum (1979).

108.—M. J. SEVILLA: Determinación del acimut de una referencia por observación de la estrella polar. Programa de cálculo automático (1979).

109.—M. J. SEVILLA: El sistema IAU (1976) de constantes astronómicas y su repercusión en la reducción de posiciones de estrellas (Primera parte) (1980).

110.—M. J. SEVILLA y R. PARRA: Determinación de la latitud por el método de Horrebow-Talcott. Programas de Cálculo Automático (1980).

111.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud y la longitud por fotografías cenitales de estrellas (1980).

112.—R. VIEIRA y M. OREJANA: Comunicaciones presentadas en las XLI y XLII Jornadas del Grupo de Trabajo de Geodinámica del Consejo de Europa. Luxemburgo (1979-80).

113.—M. J. SEVILLA: Sobre un método de cálculo para la resolución de los problemas geodésicos directo e inverso (1981).

114.—R. VIEIRA, J. M. TORROJA, C. TORO, F. LAMBAS, M. OREJANA y P. K. SUKHWANI: Comunicaciones presentadas en el IX Symposium Internacional de Mareas Terrestres. Nueva York (1981).

115.—M. A. MONTULL, M. J. SEVILLA y A. GONZÁLEZ-CAMACHO: Aplicación de la V. L. B. I. al estudio del movimiento del Polo (1981).

116.—A. GONZÁLEZ-CAMACHO y M. J. SEVILLA: Algunas relaciones entre diferentes ejes que se consideran en la rotación de la Tierra (1981).

117.—R. VIEIRA, F. LAMBAS y E. GIMÉNEZ: Modificaciones realizadas en un gravímetro LaCoste Romberg mod. G para su utilización en registro continuo de la gravedad (1981).

118.—R. VIEIRA: La microrred de mareas gravimétricas del Sistema Central (1981).

119.—J. M. TORROJA y R. VIEIRA: Informe sobre el desarrollo del programa de investigación sobre mareas terrestres en el último bienio (1981).

120.—F. LAMBAS y R. VIEIRA: Descripción, estudio de la precisión y aplicaciones geodésicas y geofísicas de los nuevos niveles de lectura electrónica (1981).

121.—M. J. SEVILLA: Programación del método de la cuerda (1981).

122.—J. M. TORROJA: Historia de la Ciencia Arabe. Los Sistemas Astronómicos (1981).

123.—M. J. SEVILLA y R. VIEIRA: Comunicaciones presentadas en la Sesión Científica de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, celebrada el día 13 de enero de 1982 (1982).

124.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Aplicación del método de colocación a la reducción de placas fotográficas de estrellas (1982).

125.—M. J. SEVILLA y A. G. CAMACHO: Deformación rotacional de una tierra elástica (1982).

126.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Obtención de las medidas de la precisión en la determinación de la latitud y la longitud por fotografías cenitales de estrellas (1982).

127.—M. J. SEVILLA, A. G. CAMACHO y P. ROMERO: Comunicaciones presentadas en la IV Asamblea Nacional de Astronomía y Astrofísica. Santiago de Compostela (1983).

128.—M. J. SEVILLA: El sistema IAU (1976) de constantes astronómicas y su repercusión en la reducción de posiciones de estrellas (Segunda parte) (1983).

129.—M. J. SEVILLA: Geodesia por satélites y navegación (1983).

130.—L. GARCÍA ASENSIO, A. G. CAMACHO, P. ROMERO y M. J. SEVILLA: Comunicaciones presentadas en la V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica (1983).

131.—M. J. SEVILLA: Anomalías de la gravedad basadas en el sistema geodésico de referencia 1980 (1983).

132.—J. M. TORROJA: Historia de la Física hasta el siglo XIX. La Mecánica Celeste (1983).

133.—A. G. CAMACHO y M. J. SEVILLA: The Molodensky Problem for an homogeneous liquid core (1984).

134.—J. M. TORROJA: La obra astronómica de Alfonso X El Sabio (1984).

135.—H. MORITZ: Sistemas de referencia en Geodesia (1984).

136.—H. MORITZ: Rotación de la Tierra (1984).

137.—A. G. CAMACHO y M. J. SEVILLA: Autofrecuencias del movimiento del Polo para un modelo de Tierra de tipo Jeffreys Molodensky (1984).

138.—J. M. TORROJA: Nuevas definiciones en el problema de la medida del tiempo (1984).

139.—M. J. SEVILLA: Astronomía Geodésica (1984).

140.—M. J. SEVILLA y M. D. MARTÍN: Diseño de una Microrred en la Caldera del Teide para el estudio de deformaciones de la corteza en la zona (1986).

141.—R. VIEIRA, C. DE TORO y V. ARAÑA: Estudio Microgravimétrico en la Caldera del Teide (1986).

142.—M. J. SEVILLA, M. D. MARTÍN y A. G. CAMACHO: Análisis de Datos y Compensación de la primera campaña de observaciones en la Caldera del Teide (1986).

143.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Hamiltonian Formulation of the polar motion for an elastic earth's model (1986).

144.—P. ROMERO y M. J. SEVILLA: The Sasao-Okubo-Saito equations by Hamilton Theory. First Results (1986).

145.—R. VIEIRA, M. J. SEVILLA, A. G. CAMACHO y M. D. MARTÍN: Geodesia de precisión aplicada al control de movimientos y deformaciones en la Caldera del Teide (1986).

146.—R. VIEIRA, J. M. TORROJA, C. DE TORO, B. DUCARME, J. KAARIAINEN, E. MEGÍAS y J. FERNÁNDEZ: Comunicaciones presentadas en el X Symposium Internacional de Mareas Terrestres. Madrid, 1985 (1986).

147.—M. J. SEVILLA, A. G. CAMACHO y P. ROMERO: Comunicaciones presentadas en el X Symposium Internacional de Mareas Terrestres. Madrid, 1985 (1986).

148.—M. J. SEVILLA: Formulación de modelos matemáticos en la compensación de redes Geodésicas: III Curso de Geodesia Superior (1986).

149.—H. LINKWITZ: Compensación de grandes redes geodésicas: III Curso de Geodesia Superior (1986).

150.—H. HENNEBERG: Redes geodésicas de alta precisión: III Curso de Geodesia Superior (1986).

151.—M. J. SEVILLA: Cartografía Matemática (1986).

152.—P. ROMERO y M. J. SEVILLA: Tratamiento Canónico del problema de Poincare. Movimiento del Polo. (1986)

153.—A. G. CAMACHO y M. D. MARTÍN: Constreñimientos internos en la compensación de Estaciones. (1986)

154.—J. OTERO: An Approach to the Scalar Boundary Value Problem of Physical Geodesy by Means of Nash-Hörmander Theorem. (1987)

155.—M. J. SEVILLA: Introducción al Problema Clásico de Molodensky. (1987)

156.—F. SANSÓ: Problemas de Contorno de la Geodesía Física. (1987)

157.—M. J. SEVILLA: Colocación mínimos cuadrados. (1987)

158.—L. MUSSIO: Estrategias del Método de colocación. Ejemplos de aplicación. (1987)

159.—M. J. SEVILLA, P. MUÑOZ, J. VELASCO y P. ROMERO: Calibración de un Distanciómetro de infrarrojos en una Base Interferométrica (1987).

160.—A. RIUS, J. RODRÍGUEZ, M. J. SEVILLA, R. VIEIRA, J. FERNÁNDEZ, C. DE TORO, A. G. CAMACHO y V. ARAÑA: Comunicaciones presentadas en la Sesión Científica de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, celebrada el día 4 de mayo de 1988 (1988).

161.—R. VIEIRA, A. G. CAMACHO y C. DE TORO: Cálculo de la Corrección de Marea en la Península Ibérica (1988).

(continúa en la cuarta de cubierta)

162.—A. G. CAMACHO, R. VIEIRA, C. DE TORO y J. FERNÁNDEZ: Estudio Gravimétrico de la Caldera del Teide (1988).

163.—A. J. GIL, M. J. SEVILLA, G. RODRÍGUEZ y J. OTERO: Aplicaciones de la colocación y Estudios del Geoide (1988).

164.—R. VIEIRA, J. FERNÁNDEZ, C. DE TORO, A. G. CAMACHO y M. V. RUYMBEKE: Investigaciones Geodinámicas en la Isla de Lanzarote (1988).

165.—M. J. SEVILLA, P. ROMERO, A. NÚÑEZ y B. BADA: Compensaciones y resultados (1988).

166.—R. VIEIRA, C. DE TORO y A. G. CAMACHO: Investigaciones en mareas (1988).

167.—A. NÚÑEZ, M. J. SEVILLA y J. M. AGRIA: Determinación Astrogeodésica del Geoide en Portugal (1988).

168.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Pre-Processing Geodetic Data of the Volcanic area of Teide to monitoring deformations (1988).

169.—M. J. SEVILLA y A. J. GIL: Fórmulas diferenciales para los problemas Geodésicos directo e inverso en el método de la cuerda (1988).

170.—Zd. SIMÓN, V. STANCHEV, C. DE TORO, A. P. VENEDIKOV y R. VIEIRA: Relation between earth tide observations and some other data (1988).

171.—J. OTERO: On the Global Solvability of the fixed gravimetric boundary value problem (1989).

172.—R. VIEIRA, J. FERNÁNDEZ, C. DE TORO y A. G. CAMACHO: Comunicaciones presentadas en el XI International Symposium on earth tides. Helsinki (1989).

173.—A. RIUS y C. JACOBS: Precise V.L.B.I. surveying at the Madrid DSCC (1989).

174. J. OTERO y M. J. SEVILLA: Modelo matemático para el ajuste simultáneo mínimos cuadrados de un bloque fotogramétrico (1989).

175.—F. SACERDOTE: I Problemi sopradeterminati in Geodesia Fisica e Il Problema dell'Altimetria-Gravimetria (1989).

176.—M. J. SEVILLA: Soluciones progresivas en el método de Mínimos Cuadrados (1989).

177.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Compensación de Redes de Nivelación Trigonométrica (1989).

178.—J. OTERO y M. J. SEVILLA: On the optimal choice of the standard parallels for a conformal conical projection (1990).

179.—R. VIEIRA, J. FERNÁNDEZ, M. VAN RUYMBEKE, A. G. CAMACHO, J. ARNOSO y C. TORO: Geodynamic Research in Lanzarote (Canary Islands) (1990).

180.—M. J. SEVILLA, A. GIL y P. ROMERO: Adjustment of the first order gravity net in the Iberian Peninsula (1990).

181.—R. VIEIRA, J. MAKINEN, A. G. CAMACHO y M. J. SEVILLA: Observaciones absolutas de la gravedad en España (1991).

182.—M. J. SEVILLA: Criterios de precisión cartográfica (1991).

183.—A. P. VENEDIKOV, R. VIEIRA y C. DE TORO: A new method for earth tide analysis (1992).

184.—M. J. SEVILLA: Mare Nostrum. Geomed Report-2 (1992).

185.—E. SARDON, A. RIUS y N. ZARRADA: GPS Inospheric Delays (1993).

186.—M. J. SEVILLA: Teoría de Errores de observación (1993).

187.— C. DE TORO, A. P. VENEDIKOV y R. VIEIRA: A New Method for Earth Tide Data Analysis (1993).

188.—M. J. SEVILLA: Análisis de Observaciones Gravimétricas y Calculo de Anomalías (1994)

189.— A. P. VENEDIKOV, R. VIEIRA, C. DE TORO y J. ARNOSO: A New Program Developed in Madrid for Tidal Data Processing (1995).

190.—J. L. VALBUENA, M.ª DOLORES VARA, M.ª LUISA SORIANO, GUADALUPE RODRIGUEZ y M. J. SEVILLA: Instrumentación y Metodología empleadas en las Técnicas Altimétricas Clásicas (1996).

191.— JOSÉ FERNÁNDEZ, TING-TO YU, AND JOHN B. RUNDLE: Displacement and Gravity Changes due to Different Sources in Layered Media (1997).

192.— J. OTERO: Generalized Inverse Matrices and the Gauss-Markov Theorem (1998).

193.— MIGUEL J. SEVILLA DE LERMA: Introducción Histórica a la Geodesia (1999).

194.— C. DE TORO Y LLACA: Astronomía, Historia y Calendario (1999).

195.— A. I. GÓMEZ DE CASTRO: La Astronomía en el Siglo XX (2000).

Depósito Legal: M. Sep. 894-1958
ISSN: 0213 - 6198

Realigraf, S. A. Pedro Tezano, 26. 28039 Madrid