

ANALEMA

BOLETIN DE LA ASOCIACION DE
AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL

SUMARIO

- 1 EDITORIAL Editor
- 2 ABSTRACTS Editor
- 3 EL RELOJ ROMANO DE MAZARRACIN M. Milenio
- 4 EL BASTON DE AL-TUSI..... L. Hidalgo
- 13 SOBRE LA AMPLITUD ORTIVA DEL SOL ... M. Lombardero
- 16 EL CUADRANTE DE DELLA VOLPAIA R. Soler
- 18 LITERATURA Y GNOMONICA P. Dantillo
- 19 NOTAS Y COMENTARIOS Redacción
- 21 LADRILLOS GRABADOS CON ALGUNOS
TRAZOS EN IGLESIAS MEDIEVALES H.Rau
- 23 RESUMEN DE ARTICULOS PUBLICADOS
EN ESTE BOLETIN Editor
- 25 TABLA DE DECLINACIONES Y E.T. PARA 1995 ... M.Valdés

La Asociación de Amigos de los Relojes de Sol fué creada en Abril de 1988. Figura en el Registro Nacional de Asociaciones con los números N-18.865 y N.P-8.747. Su Junta Directiva está formada actualmente por: PRESIDENTE Luis Hidalgo Velayos. VICEPRESIDENTE: Jacinto Del Buey Pérez. SECRETARIO: Manuel Lombardero Soto. TESORERO: Jaime Velilla Moros. VOCALES: Jesus de la Calle Montes. - Juan José Caurcel Morán. - M. Angel Hacar Benitez. - Manuel M. Valdés Carracedo - J. Esteban Esteban. SOCIOS de HONOR: Rafael Portaencasa Baeza - José Luis Basanta Campos - Rafael Soler Gayá.

La Asociación constituye una entidad no lucrativa cuyos fines son el desarrollo y fomento de los estudios históricos, geográficos y matemáticos relacionados con la promoción y difusión de los conocimientos relativos al cálculo, trazado, construcción, revisión y emplazamiento de Relojes de Sol y otros instrumentos astronómicos análogos.

Para el cumplimiento de estos fines se celebran reuniones periódicas y se mantienen contactos con otras Asociaciones o Entidades semejantes.

Ofrece a sus asociados los siguientes servicios:

- Información Bibliográfica: Fondo informatizado con más de dos mil entradas referentes a Gnomónica y temas análogos
- Cálculo y trazado de relojes solares a petición de cualquier asociado, o entidad pública o privada
- Reseña de libros y tratados de Gnomónica. Traducción y revisión de artículos de revistas o boletines y publicaciones sobre estos temas.
- Asesoramiento para la construcción o reparación de relojes solares o instrumentos semejantes. Comprobación y datación de cuadrantes y relojes antiguos.
- Publicación de un Boletín cuatrimestral titulado "Analema"

Estos servicios son prestados por la Asociación a título gratuito, o en casos especiales a coste estricto, a las personas o entidades presentadas por algun Socio. En todo caso los servicios de asesoramiento son totalmente gratuitos para los organismos culturales que así lo soliciten.

Para obtener la condición de Asociado es necesario, de acuerdo con los Estatutos, la presentación por dos Socios de la persona interesada y su admisión por la Junta de Gobierno. La cuantía de su aportación en concepto de cuota anual es fijada libremente por el propio Asociado. No obstante para recibir el presente Boletín y las comunicaciones escritas de la Asociación debería efectuar una aportación mínima equivalente a los gastos de edición y envío.

Los artículos y notas publicados en este Boletín Informativo pueden ser reproducidos y utilizados, citando su procedencia y previa comunicación a esta Asociación. Se exceptúan los casos en los que expresamente se mencione la existencia de derechos de Autor o cualquier otro impedimento legal.

La Asociación de Amigos de los Relojes de Sol no se hace responsable del contenido ni de la interpretación de los escritos, gráficos, tablas o cualquier otra información publicada en el presente Boletín. Agradece cualquier tipo de crítica, comentario, discusión o reseña de los mismos, que será transmitida al autor del escrito y publicada en el Boletín si, a juicio de la Junta, su interés y generalidad lo hacen conveniente.

Se reserva el derecho de resumir, adaptar o editar, con el conocimiento previo del comunicante, los trabajos originales recibidos para su publicación. Su extensión no deberá exceder de cinco folios mecanografiados salvo que su contenido, interés y continuidad aconseje publicarlos en varios números sucesivos o en forma de folleto o separata del Boletín.

Domicilio Social actual : ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRONOMOS
CIUDAD UNIVERSITARIA 28040 - MADRID

EDITORIAL

Nos sentimos obligados a disculparnos, y así lo hacemos, por el considerable retraso que ha sufrido la publicación de este número 10 de nuestro Boletín Informativo "Analema".

Diversas circunstancias de tipo personal y material han influido desfavorablemente, tanto en la redacción como en la confección e impresión de este Boletín. Afortunadamente gran parte de estas dificultades han podido ser subsanadas y creemos que será posible recuperar el ritmo de esta publicación dentro del año en curso

Sírvanos de disculpa el hecho de que "Analema" es redactado por algunos de nuestros socios, no profesionales en estos avatares de la edición, que los medios materiales y económicos puestos a su disposición son escasos, que los artículos recibidos han de ser adaptados al formato del boletín y, finalmente, que la mayor parte de las ilustraciones y gráficos han de ser rediseñados.

Como hemos indicado en números anteriores, sería de gran ayuda para agilizar y acortar la redacción del Boletín, que los artículos viniesen ya preparados para su inserción directa, sin más elaboración que fotocopiarlos. Para ello hemos preparado unas normas y consejos que serán enviadas a quien desee publicar algún artículo con extensión mayor de dos folios.

No quiere esto decir que los artículos o notas que nos sean remitidos hayan de cumplir escrupulosamente las normas antes indicadas, coartando así la facilidad de expresión o presentación visual de los mismos. Comprendemos que esto complica la labor del autor, pero sometemos esta sugerencia a la consideración de los lectores, ya que simplificaría considerablemente las labores de redacción y edición

EL COMITE DE REDACCION ■

A B S T R A C T S

3 A ROMAN DIAL FOUND AT MAZARRACIN

At a gravel pit, near "Mazarracín" ravine some archaeological remains were found. At present they are in the Museo de Santa Cruz, Toledo. Among them there was a roman sundial that has been examined by M. Milenio. It appears to be a conical scaphe, a type rarely found until now in Spain. (As a matter of fact, the author asserts it could be the first conic sundial found in Spain). An Editor note promises a further and more extensive article on the same subject.

4 AL-TUSI' S SUNDIAL

Under such sober title L. Hidalgo gives us an extensive article about an old and strange arabic Astrolabe, not only plain but linear (yes, linear indeed). He asserts that, as every astrolabe, this one could also be used as a sundial. A paper cutout is included in order to let us construct this exotic instrument.(!)

13 ABOUT THE SUN "ORTIVE AMPLITUDE"

This article deals with the azimuthal angle of the rising Sun, as it can be inferred without the least difficulty. M. Lombardero steers us across a long walk, from Megalithic monuments to Paris's "Arc de Triomphe", and all along he points out the wonders derived from the knowledge of his beloved "ortive amplitude"... and even the occase (sunset) amplitude fits adequately in this promenade. !

16 DELLA VOLPAIA SUNDIAL

R. Soler explains the use and construction (re-construction we could better say) of an old quadrant which stands at the History of Science Museum, in Florence. It dates from 1586 and was devised by Girolamo della Volpaia (Hieronimos Vulparia). It is a vertical, disc-shaped quadrant, provided with italic hour lines only. (Mr. Soler's reconstruction has also a set of Babylonian hours, its plumb line is replaced by a pending metallic rod, and its inscriptions are in the Catalan language)

18 GNOMONICS AND LITERATURE

As he usually does, P. Dantillo comments on some vague reference to sundials found in his laborious search among literary texts. Now it is about a stoien pocket dial, as it is related in "Rinconete y Cortadillo" one of the twelve short stories or "Novelas Ejemplares" written by Miguel de Cervantes.

19 NOTASYCOMENTARIOS

This section is our mixed bag. In this issue: 1.-More Artifacts. 2.-Ajaz problem. 3.- An Imaginary Dial. 4.-Parabolic Bifilar Dial. 5 -A very elevated sundial. 6 .-Time Equation. Tables.

21 ENGRAVED BRICKS IN MEDIEVAL CHURCHES

In "Analema 7" an article, by M. Milenio, about the hours of prayers of the Monks was published.

Now H. Rau sends us from Berlin some clever commentaries, and a very exhaustive report, on bricks showing carved marks, in Medieval Churches (in Mecklenburg-Vorpommern land) He draws out the conclusion that most were used as scratch dials to fix praying time, but not all, because some could be engraved by masons and other workers in order to set mealtime... (and what about Tea time?)

23 SUMMARY OF ARTICLES PUBLISHED IN THIS BULLETIN

A short, benevolent summary of articles, seasoned with kind commentaries on their Authors.

25 TIME EQUATION AND DECLINATION TABLES

A day-to-day table of Time Equation and Solar declination values, for the year 1995 (seconds of time, degrees and decimals). Also includes Moon phases. It has been computer-calculated by M.M Valdés ■

En el Museo de S. Cruz de Toledo se guarda un reloj romano que fué hallado durante la explotación de un arenero en el arroyo Mazarracín. En este artículo se da noticia de su existencia y situación actual

EL RELOJ ROMANO DE MAZARRACIN

M. MILENIO (?)

En el Boletín "TOLETUM", de la Real Academia de Bellas Artes y Ciencias Históricas de Toledo aparece una publicación referente a unos hallazgos arqueológicos en el arenero de Mazarracín

Estos hallazgos se efectuaron por D. Salvador Pacheco Muñoz durante la explotación de un yacimiento de arenas del Arroyo Mazarracín, situado en el lugar donde este torrente cruza la Carretera de Toledo a Mocejón.

Entre estos interesantes restos figura un reloj romano que actualmente se conserva en los sótanos del Museo de Santa Cruz, en Toledo.

Hemos efectuado un examen rápido y preliminar de este reloj, del cual parece deducirse que se trata de un reloj romano de tipo cónico, y por lo tanto no es propiamente un scaphe esférico.

En España solamente hemos encontrado algunas escasas referencias de restos de relojes romanos que hayan sido adecuadamente identificados y documentados (y menos aún de los de tipo cónico), por lo que merecería la pena efectuar y publicar un estudio más detallado de este valioso ejemplar.

De hecho no creemos que en exista en nuestro país ningún ejemplar de reloj cónico debidamente catalogado, aunque es muy probable que aparezcan en un futuro próximo, ya que fué un tipo muy común, fabricado "en serie", podríamos decir, por artesanos que no poseían conocimientos de gnomónica, sino solamente unas "recetas" y plantillas para el trazado de las líneas horarias

En la figura adjunta se representa el reloj en su estado actual. Se ha omitido una varilla horizontal, de hierro, que había sido colocada a modo de gnomon y que evidentemente no forma parte del reloj romano primitivo.

Puede apreciarse su disposición general y dimensiones aproximadas. Las cotas están expresadas en centímetros.



FIG. 1 RELOJ DE MAZARRACIN.

Guarda cierta semejanza con el reloj romano de Segóbriga, que se halla actualmente en el Museo Provincial de Cuenca. Fué descrito por M.M. Valdés en el número 7 de nuestro Boletín "Analema"

En la figura siguiente se indican las dimensiones y disposición de este reloj. Como anteriormente, las cotas también están expresadas en centímetros.

La diferencia fundamental que existe entre ambos relojes consiste en la forma de la superficie donde se recibe la sombra del gnomon, que debería ser esférica en el caso de Segóbriga y cónica en el de Mazarracín.

Esta diferencia también afecta al trazado de las líneas horarias, que serían arcos de círculo en el primer caso y rectas en el segundo.

Es extraño que no hayan aparecido más restos de relojes de sol en muchas de las antiguas villas romanas de la Península Ibérica, pues debía ser un instrumento muy común, bastante conocido y utilizado en casi todos los establecimientos del antiguo Imperio Romano, y muy especialmente en sus Provincias mediterráneas.

Nuestro Asociado y Corresponsal en Portugal Vasco Nuno de Melo ha estudiado, y nos ha comunicado, la existencia de relojes de tipo cónico en su país. Nos referimos en este caso a varios fragmentos de un reloj cónico hallado en la villa romana de Freiria, en S. Domingo de Ranas (Cascais) Fué construido con piedra de la localidad.

El reloj de Mazarracín está construido con piedra caliza, material que se encuentra en varios lugares de la Provincia de Toledo, por lo que parece probable que también fuera construido en un lugar no muy alejado de donde fué hallado

M.M

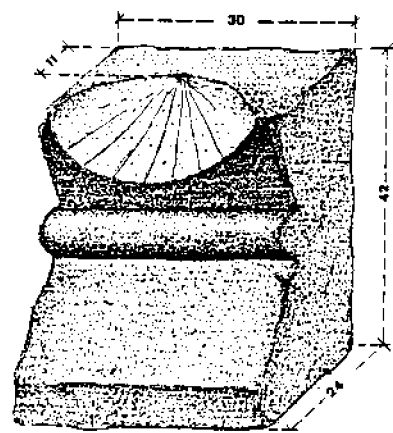


FIG. 2. RELOJ DE SEGOBRIGA

NOTA: Agradecemos al Director y Conservadora del Museo las facilidades dadas, que nos han permitido el examen e identificación de esta pieza arqueológica

L. Hidalgo presenta en este extenso artículo un interesante y poco conocido instrumento: el Astrolabio Lineal. Fué inventado y descrito hacia finales del siglo XI por el astrónomo persa Saraf Al-Din Al-Tusi.

EL BASTON DE AL TUSI

¿SE PUEDE CONSIDERAR EL BASTON DE AL TUSI COMO UN RELOJ DE SOL?

Si entendemos por reloj de sol todo instrumento que es capaz de mostrarnos la hora, basándose en la determinación directa de algún dato que defina la posición del sol, ya sea la altura o azimut o la declinación o el ángulo horario de nuestra estrella, podemos afirmar que el bastón de Al Tusi entra de lleno en el campo de la cronometría con la misma identidad que el astrolabio horizontal de Oughtred, proyectivo acimutal, o el instrumento de Apianus. (reducción a la mitad de un astrolabio horizontal en el que la medida básica es la altura solar) y como ambos se describen en el estudio de la gnomónica, nos parece indicado incluirlo en las páginas de este boletín.

No es nuestro propósito hacer un análisis detallado, ni describir magistralmente, ni la de exponer de un modo académico el astrolabio lineal, invento de Saraf Al Din Al Tusi. El lector interesado puede acudir a las fuentes bibliográficas donde seguro podrá beber los conocimientos que allí se vierten.

Dado el carácter eminentemente práctico que preside estas líneas, nuestro objetivo fundamental es el de difundir su conocimiento a la par que construir y saber utilizar un astrolabio lineal en una determinada latitud.

El motivo que nos sugirió este trabajo, tiene sus raíces en una exposición celebrada en el museo Arqueológico de esta Capital, con motivo del V centenario del descubrimiento de América hace exactamente dos años, con el título de Legado Científico Andalusi. En la sección de instrumentos de medida, tuvimos ocasión de ver y admirar un curioso artilugio, cuya cartela transcribo "ad pedem literae": Reconstrucción de un astrolabio lineal, realizado en ébano y marfil por Henry Michael en el año 1943 y que se conserva en el museo de la Ciencia de Oxford. Fue inventado por el astrolabista persa Saraf Al Din Al Tusi (m 1213) y se debió introducir en el Andalus ya que el granadino Ibn Numairy (m 1259) escribió un libro que trata de su utilización. Se denomina astrolabio lineal porque el astrolabio común plano queda reducido a la línea meridiana del mismo, representada por un bastón sobre el que están marcados en el centro, la proyección del Polo y es común a los centros de los círculos de declinación: también están representados los centros de los círculos de altura y las intersecciones de estos con la línea meridiana. Adicionalmente existe una escala de las cuerdas que va desde 00-1800. Se combina con un sistema de tres hilos; dos son fijos y uno libre.

En realidad, el astrolabio lineal no es más que un esqueleto de un astrolabio plano común, en el que solo se aprovecha la columna vertebral, representada por la línea meridiana del mismo y en la que los círculos de las declinaciones y los de altura, están perfectamente definidos, puesto que los centros y los cortes con la meridiana estarían

representados, anatómicamente hablando, por los cuerpos vertebrales. Los radios de dichos círculos se materializan por la longitud de los hilos que son: Al que parte del punto C, proyección del Polo, es un hilo de plomada porque su extremo libre lleva un peso y sobre el que se desliza una pieza que representa los diferentes radios de los círculos de las declinaciones. Este hilo (sustituido en nuestra realización por una barrita) posee una señal fija F, que es la longitud correspondiente a la proyección estereográfica del Trópico de Capricornio, y es precisamente el radio del círculo externo del astrolabio común y sobre el que se tomarán las medidas de las cuerdas, las cuales expresarán un valor angular en una escala llamada de las cuerdas. Otro hilo (sustituido por una cadenita) está fijo en el punto N, punto de corte del círculo del trópico de Capricornio con la línea meridiana, y a este se denomina hilo de medida porque realmente éste mide la longitud de las cuerdas y al llevar, su magnitud sobre la escala de las cuerdas corresponderá a un valor angular determinado.

Otra particularidad a destacar, por cierto bastante ingeniosa del astrolabio lineal, es que mientras el astrolabio plano, dispone en el dorso de una alidada y un limbo periférico marcado en grados para tomar la altura de los astros u otras medidas angulares, éste forzosamente tiene que recurrir a la medición angular por medio de la longitud de las cuerdas que corresponden a dichos ángulos. El tercer hilo (también cadenita) está libre y representa el radio de los círculos de altura. Como es lógico, un extremo se aplicará al centro del círculo de altura CA que previamente hallamos determinado y el otro sobre la pieza deslizante M, que en nuestra realización sustituye al nudo corredizo del bastón de Al Tusi y está representado con la letra M (Fig 1).

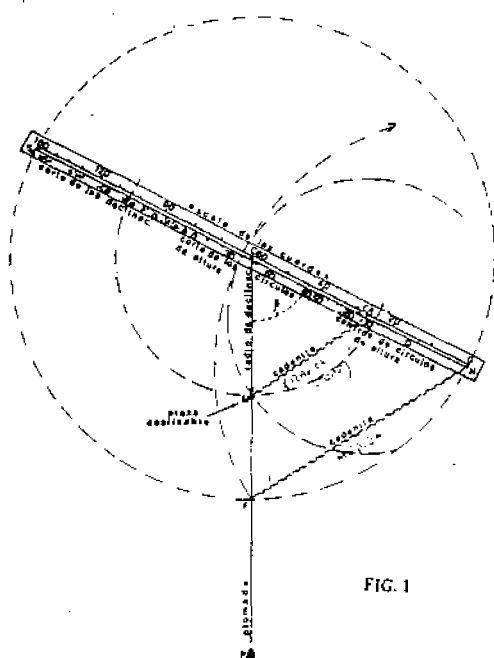


FIG. 1

En cuanto al fundamento de su utilización aparentemente compleja, nada más lejos de la realidad, si supongamos que los círculos de la declinación y los de altura están definidos por sus centros, sus puntos de corte en la meridiana y por sus radios. Entonces, la posición de un astro en la esfera celeste será la del punto de intersección de los círculos de coordenadas de ese astro proyectados estereográficamente en el astrolabio y por lo tanto, se podrán resolver

todos aquellos problemas en los que la posición del astro esté vinculado a la intersección de los círculos de altura y declinación. Si en el astrolabio común viene fijado por la intersección de ambos círculos, en el lineal vendrá determinado por el cruce de los hilos, como se aprecia en la

figura 2. en la que la posición de M del astro será el vértice del triángulo plano C Ca M. Nótese con qué elegancia y sencillez el triángulo esférico de posición queda convertido a un simple triángulo plano, gracias a la proyección estereográfica.

Con estas nociones preliminares damos paso a la parte constructiva en las que se han introducido algunas modificaciones sobre el supuesto original (inexistente), que aunque no esenciales, le hacen ganar en precisión y prestaciones.

Como sucede en el astrolabio común la lámina es de carácter local, esto es, para una determinada localidad de latitud conocida y así ocurría en el bastón de Al Tusi, donde la lámina estaba grabada sobre la misma madera, por lo que solo se podía utilizar para un lugar fijo. No obstante en nuestra versión se puede incluir cualquier lámina, a semejanza con el astrolabio plano, porque al cuerpo (la clásica mater) se le proporciona un sistema que puede albergar cualquier tipo de lámina. Fig 3.

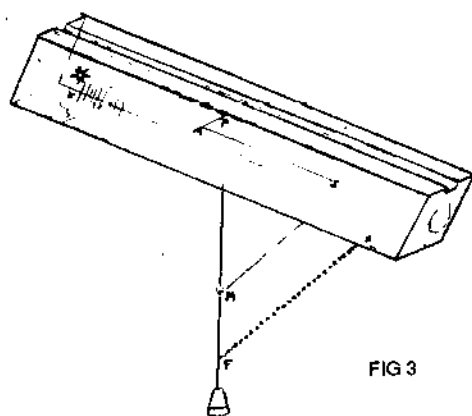


FIG 3

A parte del cajeado del cuerpo que permite el intercambio de diferentes láminas, se ha modificado el sistema de los hilos por el de cadenitas, que proporciona una mayor flexibilidad y al ser inextensibles se

conserva inmodificable su longitud y el hilo de plomada se ha sustituido por una barrita, evitando los pequeños acodamientos y facilitando el deslizamiento de la pieza móvil M. A su vez se le ha dotado al cuerpo de dos sistemas de pínulas: una, para visualizar directamente la altura de las estrellas, y otra, para enfilar indirectamente al sol. Hemos modificado el nudo corredizo de la versión de Henry Michael por una pieza móvil deslizante M que discurre por la barrita de plomada y que porta un tornillo prisionero, que permite su fijación en una determinada posición. Adicionalmente, se le ha incluido una escala de crepúsculos, que el original no poseía, así como de una serie de escalas suplementarias como las ascensiones rectas del sol y de las estrellas mas brillantes y sus respectivas declinaciones. También se ha logrado una mayor precisión en las escalas convencionales al objeto de obviar la interpolación visual. La escala de la declinación del sol va acompañada de sus correspondientes fechas para facilitar su uso.

Con estas modificaciones y ampliaciones este instrumento que como anteriormente anunciamos se considera como reloj de sol, además de proporcionar la hora solar ofrece una serie

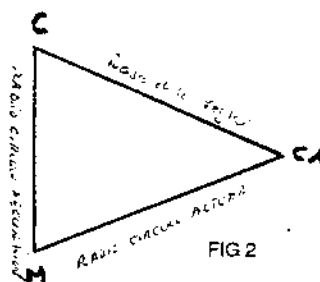


FIG 2

de datos de tipo astronómico como es la hora y duración de los diferentes crepúsculos, la hora del orto y ocaso, la duración del día, la hora sidérea, la determinación de la hora nocturna, etc.

CONSTRUCCION

Llevaremos a cabo en este trabajo, la construcción del astrolabio lineal para una latitud de 40.40° N (Madrid) siendo el radio del círculo del ecuador $R = 11\text{cm}$. Sin entrar en el estudio analítico que se puede encontrar en cualquier libro que trate del astrolabio plano, damos las fórmulas necesarias para la construcción y así, cualquier aficionado al bricolaje, podrá confeccionar la lámina correspondiente a la latitud requerida. No obstante, junto a las distancias calculadas para la latitud de Madrid ofrecemos conjuntamente las de cuatro latitudes como son: 37°, 39°, 41°, 43°, cubriendo de esta manera, sin un error ostensible la Península Ibérica.

El cuerpo es un trozo de madera al que se le ha practicado un cajeado capaz de alojar las diferentes láminas que correspondan a distintas latitudes. En el lateral izquierdo lleva un clavito que posteriormente a su utilización se puede introducir en el cuerpo y que en la posición de trabajo hace las veces de una pínula para el enfilamiento del sol. (fig 3). En esa misma cara lateral, están grabadas las escalas de las declinaciones de las estrellas y sus ascensiones rectas. En la cara opuesta y correspondiendo a las declinaciones del sol, figuran las ascensiones rectas de éste. En la cara superior existe una acanaladura para visualizar directamente las estrellas. Su interior está hueco parcialmente y sirve como estuche para guardar las cadenas y el peso de la plomada, actúa de tapón. Si se añade el hecho de que el clavito es retráctil, el instrumento se transportará cómodamente.

La lámina. Para su confección hemos utilizado papel que posteriormente ha sido recubierto por un plástico transparente. Consta de una serie de escalas de las que unas son comunes para todas las latitudes, es decir, son universales, como son la escala de las cuerdas y las de las declinaciones del sol y estrellas, y otra particular para los círculos de la altura, definidos por un centro y un radio o lo que es lo mismo, por el punto de intersección con la línea meridiana S-N.

Cálculo de carácter universal (para cualquier latitud)

Escala de las cuerdas

Distancias desde N = $2CT \cdot \sin A/2 =$
 $33.51 \sin A/2$; A de 0°-180°

Círculos de las declina-
ciones del sol

$R \cdot \tan 90^\circ - d/2$ desde C

cm			cm
0°--0	"	Estrellas	23.44°--7.22 "
5°--1.46	"	asc cm	23°--7.28 "
10°--2.92	"	Aldebarán--4h.35m-8.21	22°--7.4 "
15°--4.37	"	Rigel ---5h.14m-12.69	21°--7.56 "
20°--5.81	"	Capella----5h.16m-4.44	20.16°--7.67 "
25°--7.25	"	Betelgeuse-5h.55m-9.66	18°--7.99 "
30°--8.67	"	Sirio-----6h.45m-14.68	16°--8.28 "
35°--10.07	"	Castor-----7h.34m-6.14	14°--8.59 "

400--11.46 "	Procion----	7h.39m-10.03	120--8.9 "
450--12.82 "	Regulo----	10h.08m-8.91	11.30--9.01 "
500--14.16 "	Spica-----	13h.25m-13.38	90--9.39 "
550--15.4 "	Arturus----	14h.15m-7.82	80--9.56 "
600--16.7 "	Vega-----	18h.36m-5.27	70--9.73 "
650--18 "	Altair-----	19h.53m-9.411	60--9.9 "
700--19.22 "	Deneb-----	20h.41m-4.52	40--10.25 "
750--20.4 "			00--11 "
800--21.5 "			-40--11.79 "
850--22.6 "	Aldebarán--	160 30!	-60--12.21 "
900--23.69 "	Rigel- -	-80 12!	-70--12.43 "
950--24.7 "	Capella----	460	-80--12.65 "
1000--25.6 "	Betelgeuse-	70 24!	-90--12.47 "
1050--26.5 "	Sirio---	-16 43!	-11.330--13.42 "
1100--27.4 "	Castor----	310 56!	-120--13.58 "
1150--28.26 "	Procyon----	50 14!	-140--14.07 "
1200--29.05 "	Regulus--	110 58!	-160--14.59 "
1250--29.72 "	Spica---	-110 09!	-180--15.14 "
1300--30.37 "	Arturus --	190 11!	-20.160--15.75 "
1350--30.84 "	Vega----	380 47!	-210--16 "
1400--31.48 "	Altair---	80 52!	-220--16.3 "
1450--31.95 "	Deneb ----	450 16!	-230--16.61 "
1500--32.36 "			-23.440--16.75 "
1550--32.7 "			
1600--33 "			
1650--33.22 "			
1700--33.38 "			
1750--33.47 "			
1800--33.51 "			

Cálculo de los círculos de altura
(particulares, dependen de la latitud)

Desde C: corte de la meridiana Distancia desde el punto
D= tg(FI-h/2)R corte(centro del círculo)
h D r r=R/2(tg FI-h)/2 +cotg (FI+h)/2))

40.40	370	390	410	430
-180-6.14--30.85/5.72-35.73/5.97-32.66/6.22-30.14/6.47-28.04				
-120-5.41--24.44/5.01-27.31/5.24-25.53/5.48-24.00/5.72-22.69				
-60-4.71--16.97/4.33-21.99/4.55-20.84/4.78-19.83/5.01-18.94				
00-4.04--16.97/3.68-18.27/3.89-17.47/4.11-16.76/4.33-16.12				
50-3.51--14.90/3.15-15.90/3.36-15.29/3.57-14.74/3.78-14.24				
100-2.98--13.18/2.64-13.97/2.84-13.49/3.05-13.05/3.25-12.66				
150-2.47--11.71/2.13-12.34/2.33-11.96/2.54-11.61/2.74-11.29				
200-1.97--10.43/1.64-10.95/1.84-10.64/2.03-10.35/2.23-10.09				
250-1.48--9.31 /1.15-9.73 /1.35-9.47 /1.54-9.24 /1.74-9.02				
300-1.00--8.29 /0.67-8.64 /0.86-8.43 /1.05-8.24 /1.25-8.05				
350-0.51--7.37 /0.19-7.66 /0.38-7.49 /0.57-7.32 /0.76-7.17				
400-0.03--6.52/-0.28-6.77/-0.09-6.62 /0.09-6.48 /0.28-6.36				
450 -0.44--5.71/-0.76-5.94/-0.57-5.82/-0.38-5.70/-0.19-5.59				
500 -0.92--4.99/-1.25-5.16/-1.05-5.06/-0.86-4.97/-0.67-4.88				
550 -1.40--4.30/-1.74-4.44/-1.54-4.35/-1.35-4.27/-1.15-4.20				
600 -1.90--3.63/-2.23-3.74/-2.03-3.67/-1.84-3.61/-1.64-3.55				
650 -2.39--2.99/-2.74-3.08/-2.54-3.02/-2.33-2.97/-2.13-2.92				
700 -2.90--2.36/-3.25-2.44/-3.05-2.39/-2.84-2.35/-2.64-2.32				
750 -3.42--1.76/-3.78-1.81/-3.57-1.78/-3.36-1.75/-3.15-1.72				
800 -3.96--1.16/-4.33-1.20/-4.11-1.18/-3.89-1.16/-3.68-1.14				

85º -4.51--0.58/-4.89-0.60/-4.66-0.59/-4.44-0.58/-4.22-0.57
 90º -5.08--0 /-5.48-0 /-5.24-0 /-5.01-0 /-4.78-0

UTILIZACION.-

a) Determinación de la altura.-Como el dato fundamental de entrada es la altura de los astros (estrellas o Sol) se procederá a averiguar ésta mediante las pínulas del instrumento. Si se dirige éste hacia el sol, cuando la sombra proyectada por la pínula P coincida con la línea de referencia de la sombra AS grabada sobre el lateral del cuerpo, entonces podemos decir que ésta es la posición de enfilamiento del sol. Si ahora llevamos la cadenita de medida sobre la marca fija F de la barrita de plomada(estando previamente está en posición vertical), estaremos midiendo la cuerda correspondiente al ángulo ($90-h$), es decir, el que corresponde a la distancia cenital, que es el complemento de la altura h . Para ello abatiremos la distancia NF sobre la escala de las cuerdas y directamente nos dará el valor angular que corresponde a la distancia cenital; si restamos a 90º el valor obtenido nos dará el valor h (altura) que es al fin la que nos interesa. (Fig 5).

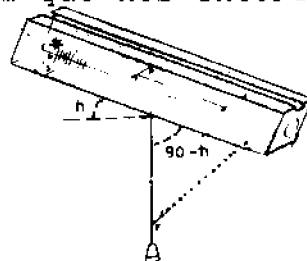


FIG 4

b) Determinación del arco semidiurno.

Se llama así al arco mitad que comprende desde la salida de un astro hasta su puesta, o lo que es igual,

al arco comprendido desde el orto hasta su paso por el meridiano del lugar, que evidentemente ha de ser

igual al del paso del meridiano hasta el ocaso. Es sabido que cuando un astro sale o se pone, su altura sobre el horizonte $h = 0^\circ$. El arco semidiurno varía dependiendo de la fecha del año y de la latitud de observación estando su valor trigonométrico expresado por la fórmula $\cos H = -\operatorname{tg} F \operatorname{tg} \delta$. El astrolabio lineal nos resuelve sencillamente el triángulo esférico de posición, si se lleva la pieza deslizable sobre la escala de las declinaciones del sol enfrentando la marca de ésta M, sobre la marca de la declinación que corresponda a la fecha del día en que estamos operando. Una vez conseguido esto, la fijaremos con el tornillo prisionero. Utilizaremos la cadenita libre de modo que al extenderla longitudinalmente a lo largo de la línea meridiana un extremo de la misma le transportaremos al punto de corte del círculo de altura que corresponde a $h = 0^\circ$ (Horizonte) con la línea meridiana, hasta el centro del mismo círculo, que está numerado con el 0 en la escala de los centros y fijaremos esta parte de cadenita con el dedo en ese punto: el extremo inicial lo uniremos a la pieza deslizable que estaba fija con el tornillo en la barrita de plomada. Realizado el enganche solo resta balancear el cuerpo hasta que la barrita de plomada señale la vertical a la vez que la cadenita libre se mantiene tensa. Con la otra mano extenderemos la cadenita de medición hasta que se cruce con la marca fija M de la barrita de plomada y abatiremos esta distancia sobre la escala de las cuerdas, dándonos el valor del ángulo correspondiente al arco semidiurno expresado en grados, y que, dividido entre 15º grados que tiene la hora, vendrá dado en horas y fracción de la misma.

La hora del orto se obtiene restando de 12 horas el ángulo H semidiurno hallado y expresado en horas y el ocaso sumándoselo.

c) Creúsculos: Hora de los mismos y su duración.

Crepúsculo civil: Comienza en el momento en el que se pone el sol y termina cuando éste se encuentra a -6° por debajo del horizonte. Su fin se conoce popularmente cuando no se puede leer y se enciende el alumbrado público.

Crepúsculo náutico: Su inicio tiene lugar cuando termina el crepúsculo civil, es decir cuando la altura negativa del sol es $h = -6^\circ$ y su fin cuando $h = -12^\circ$. Se ven las estrellas brillantes y los planetas pero todavía subsiste claridad sobre el horizonte en la parte del poniente.

Crepúsculo astronómico: Su comienzo se solapa con el final del crepúsculo náutico y termina cuando el sol se encuentra por debajo del horizonte a una altura negativa de $h = -18^\circ$. Ya no existe ninguna claridad; es de noche.

Para averiguar la hora de los mismos se ha de proceder de la misma manera que para el arco semidiurno, pero en lugar de utilizar el círculo del horizonte, usaremos los círculos correspondientes al civil ($h = -6^\circ$), náutico ($h = -12^\circ$) y astronómico ($h = -18^\circ$).

Su duración: Si conocemos ahora el ángulo que corresponde a cada uno de los crepúsculos y los restamos del ángulo H del arco semidiurno y la diferencia la dividimos por 15° , obtendremos la duración en horas o fracción de la misma. Facilmente hemos resuelto la fórmula de los crepúsculos $\cos H' = \cos h' - \sin FI \sin d / \cos FI \cos d$. Se apreciará su variabilidad dependiente de la latitud y de la fecha de observación. (d).

e) Hora diurna: Así como en las determinaciones anteriores no teníamos necesidad de salir de la habitación para enfilar al sol, porque conocíamos de antemano cuál era el círculo de altura solar ($h = 0^\circ, -6^\circ$ etc), para obtener la hora hemos de seguir los siguientes pasos: Tratar de averiguar la altura solar enfilandó al mismo mediante la pinula indirectamente, haciendo coincidir la sombra de la pinula con la línea de la sombra A S. Estando la barra de la plomada completamente parada y vertical, mediremos la cuerda que corresponderá al ángulo de la distancia cenital, ángulo que restandolo de 90° nos ofrecerá el valor de la altura h .

Obtenida ésta, llevaremos la pieza deslizable M a la fecha correspondiente al día de observación y apretaremos el tornillo prisionero. Mediremos con la cadenita libre la longitud del radio del círculo de la altura obtenida anteriormente (el extremo en el corte de la meridiana con el círculo) mientras que con el dedo apretaremos la cadenita en el centro del círculo de dicha altura; el extremo de la cadenita se unirá a la pieza deslizable M por medio de un enganche. Se oscilará el cuerpo con un balanceo de abajo a arriba hasta que permaneciendo la barrita vertical quede tensa la cadenita libre, momento, en el que llevaremos la cadenita de medida sobre la marca fija F de la barrita de plomada y abatiremos esa distancia sobre la escala de las cuerdas, ofreciéndonos el valor angular horario H, que dividido entre 15° , estará expresado en horas.

f) Hora nocturna: Se seguirá el mismo procedimiento que en el apartado anterior, pero como es lógico, sirviendonos ahora

de una estrella conocida y utilizando la declinación de la esa estrella; aquí se llevará la pieza móvil M hasta confrontar con la marca de dicha declinación que se encuentra en la escala de las declinaciones de las estrellas, ubicada en la parte izquierda de la lámina. Mediremos su ángulo horario H como en el caso anterior y a este valor le añadiremos la diferencia de las ascensiones rectas del sol y de la estrella, con lo que habremos conseguido tener la hora solar pero por la noche.

g) Tiempo sidéreo: Si conocemos el valor angular horario H del sol o de una estrella y también las ascensiones rectas de ambos, el tiempo sidéreo viene expresado por la fórmula $T_s = A_s + H$. Es evidente, que cuando un astro culmina, esto es, cuando pasa por el meridiano, el ángulo horario $H = 0^\circ$ y el tiempo sidéreo es igual a la ascensión recta de la estrella (invariable) o del sol que cambia cada día..

Con objeto de clarificar alguna duda exponemos brevemente algunos ejemplos:

Suponemos que tenemos montada la lámina de Madrid 40.4° y queremos operar el día 12 de mayo, fecha en la que la declinación como podemos apreciar es $d = 18^\circ$.

Se quiere saber :

a) Arco semidiurno para ese día : Sin necesidad de salir de casa podemos conocerlo perfectamente. La barrita de plomada la extendemos a lo largo de la línea meridiana y la pieza deslizante la llevamos hasta confrontar con la marca 18° ($12-5$ y $1-8$), que justamente tiene que encontrarse a una distancia de C de 7.99cm . Lo fijamos con el tornillo. La cadenita libre la llevamos por el extremo del enganche al punto de corte de la meridiana con el círculo de altura $h = 0^\circ$ (Horizonte) y la estiramos hasta el centro del círculo que está marcado con el 0. La distancia que debe haber según la tabla debe ser de 16.97 . Aquí la presionamos con el dedo y el extremo del enganche lo unimos a la pieza deslizante que estaba fija en la declinación adecuada. Oscilamos hacia abajo el cuerpo y cuando la barrita de la plomada quede vertical y la cadenita libre tensa, llevamos la cadenita de medida a la marca fija F y con esa distancia 26.7cm la portaremos a la escala de las cuerdas donde coincide con el valor angular $H = 106^\circ$ que dividido entre $15^\circ = 7.06$ horas.

El orto se verificará a las 12 horas menos $7.06\text{h} = 4.93\text{h}$ = a las 4 horas 55 minutos y el ocaso a las 12 horas mas 7.06h = a las 19.06h = las 19h 4 minutos. La duración del día será como es fácilmente comprensible el arco diurno = $7.06 \times 2 = 14.12\text{h}$ = 14h 8 minutos.

b) Crepúsculos:

Por el motivo de brevedad solo haremos el más espectacular, el astronómico : Proceder como en el ejemplo anterior pero empleando en vez del círculo de altura $h=0^\circ$, en este caso $h = -18^\circ$. La pieza móvil no hace falta tocarla y se quedará como estaba antes, pues representa como indicamos anteriormente el radio del círculo de la declinación para ese día. La distancia de la cadenita libre desde el enganche que tiene que estar superpuesto a la marca (corte del círculo $H=-18^\circ$ con la meridiana) distante de C 6.14cm hasta el centro de dicho círculo 30.85cm , donde como siempre presionaremos digitalmente. En el extremo de la cadenita libre, el enganche lo uniremos a la pieza móvil y cuando esté vertical la

barrita, cogemos la cadenita de medida, y la llevamos hasta que se cruce con F y transportamos su longitud a la escala de las cuerdas, observando que toca en la marca que corresponde a 134° que dividido entre $15^\circ = 8.97h = 8\text{horas } 58\text{minutos}$ momento en que finaliza el crepúsculo astronómico. Si se desea conocer la duración del mismo, solo habría que restar a la hora del ocaso $8h.58m - 7h. 4m = 1h.54m = 114\text{minutos}$. El civil dura unos 30 minutos.

c) Hora diurna : En un momento determinado, si hay sol, enfilaremos al astro y cuando la sombra arrojada por la pínula coincida con la línea de sombra, con la cadena de medida mediremos la longitud de la cuerda que corresponde a la distancia cenital y que transportada a la escala de las cuerdas nos da por ejemplo un valor angular de 35° . "No olvidar que siempre mide la distancia cenital". Si a 90° le restamos la distancia cenital de $35^\circ = 55^\circ = h$ altura estelar en ese momento. A continuación operamos como siempre, siguiendo los mismos pasos, pero utilizando el círculo de altura correspondiente a $h = 55^\circ$ y finalmente en la escala de las cuerdas da el valor angular de $H = 31^\circ$, que dividido entre $15^\circ = 2\text{horas } 4\text{minutos}$; aunque la solución es ambigua, esto es, podría tratarse de las $9h.56\text{min}$, o las $14h.04\text{min}$ es fácilmente deducible, de una manera intuitiva por poca experiencia que se tenga.

Hora solar nocturna. Mediante la pínula "ad hoc" para visualizar las estrellas enfilaremos una estrella conocida, por ejemplo Spica; en esta ocasión, tendremos que modificar el círculo de la declinación y llevar la pieza móvil hasta enfrentarla con la marca que corresponde a la declinación de esa estrella $d = -11^\circ 09'$. Calcularemos el ángulo horario H de la estrella de una manera similar a la obtenida con el sol. Si suponemos que la distancia es 70° lo que nos indica que la altura de Spica en ese momento es de 30° y siguiendo los pasos intermedios resulta que el ángulo horario H de Spica en ese instante es de 31° ; luego la hora nocturna será $H_n = H_e + (As \text{ sol} - As e)$ que indica que la hora nocturna es igual al ángulo horario de la estrella más la diferencia de las ascensiones rectas del sol y la de la estrella. Así, tenemos que el ángulo horario H de la estrella es de $31^\circ = 2h \ 04\text{min}$ y la ascensión recta de Spica es de $13h \ 25\text{min}$ y la del sol para ese día (12/5) es de $3h \ 25\text{min}$; luego la hora solar nocturna será igual a $2h \ 4\text{min} + 10h = 12h \ 4\text{min}$ de la noche, lo que es lo mismo que decir, que es 4min del día siguiente.

c) Tiempo sidereo : Para hallarlo solo hay que sumar al ángulo horario H de la estrella H ($2h \ 04\text{min}$), la ascensión recta de la estrella ($13h \ 25\text{min}$) dando un tiempo sidereo de $15h \ 29\text{min}$ exactamente el mismo que si se hubiera servido de sol pues si el ángulo horario H del sol que era de $12h \ 04\text{min}$ se suma la ascensión recta del mismo ($3h \ 25\text{min}$) llegaríamos al mismo resultado $15h \ 29\text{min}$.

Para finalizar si hemos conseguido difundir el baston de Al Tusi tan injustamente olvidado a la par que haya servido como puro "divertimento" nos veremos plenamente satisfechos y rogamos a paciente lector que sea indulgente con la pesadez machacona... base fundamental en pedagogía, según los pedagogos....

Se exponen algunas consideraciones históricas sobre la denominada "Amplitud Ortiva" de un astro, o sea el ángulo azimutal en el momento de su orto, y se presentan algunos casos en los que la aparición o puesta del Sol, a través de un determinado monumento, llama poderosamente la atención del observador.

SOBRE LA AMPLITUD ORTIVA DEL SOL

M. LOMBARDEO

Se denomina "amplitud ortiva" al ángulo azimutal de un astro en el momento de su orto.

Análogamente se aplica la denominación de "amplitud occidua" en el instante de su ocaso.

En esta Nota haremos algunas consideraciones sobre la trascendencia histórica y científica de la determinación de la variación de este ángulo, en el caso de que el astro sea el Sol.

I. LAS ALINEACIONES DE PIEDRAS VERTICALES

Es muy conocida la existencia de numerosas alineaciones de piedras verticalmente dispuestas que, con fines astronómicos y religiosos, fueron levantadas por el hombre neolítico, y también posteriormente por las antiguas civilizaciones.

No entraremos aquí en la descripción de las mismas, sino en su utilización con fines exclusivamente astronómicos.

La percepción de la variación anual del lugar por donde aparentemente sale y se pone el Sol y del cambio diario de la longitud y orientación de las sombras, dieron lugar, probablemente, a las primeras reflexiones "científicas" del hombre.

La amplitud del ángulo ortivo es tanto mayor cuanto más hacia el Norte se encuentra el observador. El gráfico siguiente muestra, para distintas latitudes, la variación estacional de este ángulo, medido a partir de la dirección W-E, o sea la desviación angular con respecto al punto de salida del sol en los equinoccios.

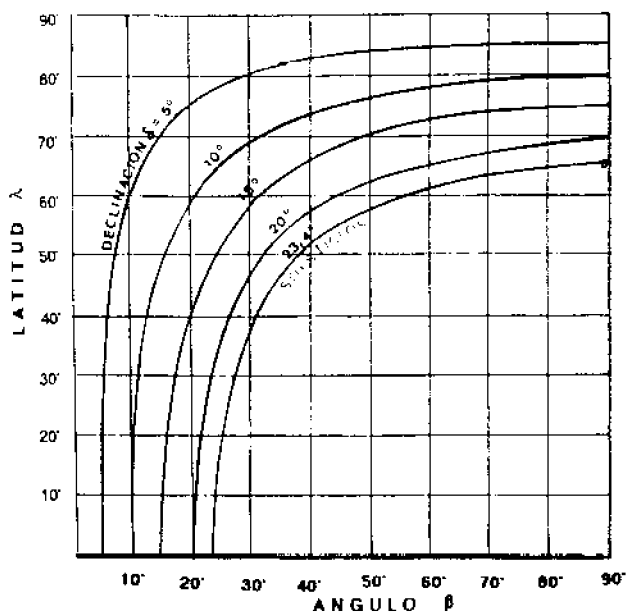


FIG. 1 VARIACION DEL ANGULO ORTIVO SEGUN LA LATITUD

Ha sido calculado mediante la conocida fórmula:

$$\cos \alpha = \sin \delta / \cos \varphi$$

donde α es el la amplitud ortiva, δ la declinación solar y φ la latitud del lugar de observación.

Se observa el rápido aumento de este ángulo con la latitud, hasta llegar a los círculos polares donde, como es natural, llega a 180° en los solsticios.

La variación del lugar aparente del orto solar es, según esto, un fenómeno astronómico mucho más acusado en los países nórdicos. Quizás sea esta la causa de que aparezcan más alineaciones en estos países que en los de bajas latitudes.

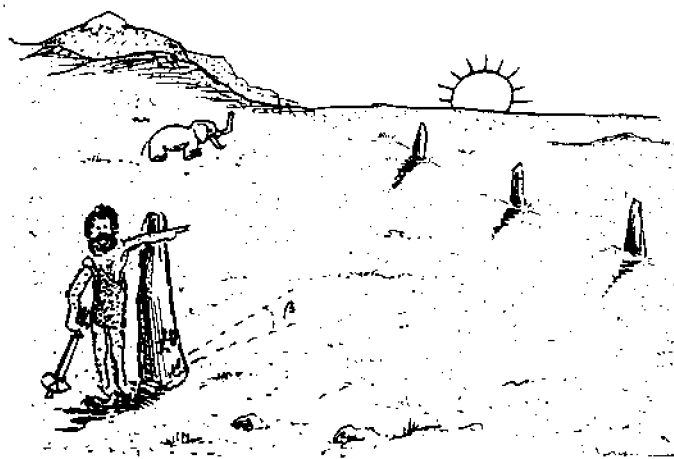


FIG2 DETERMINACION DE LOS SOLSTICIOS Y EQUINOCIOS

II. LAS ESTACIONES DEL AÑO

La asociación de esta excursión del Sol con la regular variación del tiempo meteorológico debió establecerse rápidamente. A ello debemos, sin duda, la división del año en nuestras cuatro estaciones a partir del punto medio o central de la aparición del Sol: Recorrido de ida hacia el Norte, hasta el Solsticio hiemal, regreso al punto de partida, donde la duración de la noche es igual a la del día, Equinoccio, continuación hacia el Sur, Solsticio vernal y regreso al punto de partida.

La etimología del término latino "Solsticio" –parada o retorno del Sol– y con mayor claridad aún en alemán "Sonnenwende" –regreso del Sol– nos permite rastrear como nuestros antiguos e inteligentes antepasados ya habían observado que el Sol se detenía, aparentemente, en el lugar de su mayor digresión para regresar de nuevo y repetir indefinidamente y con regularidad este ciclo, estableciendo así un período para la medida del tiempo.

III. LA DURACION DEL AÑO TROPICO

El regreso del Sol a su punto de partida determina la duración del año, siendo este uno de los primeros conocimientos científicos inferidos, ya que no es directamente observable, por nuestro hombre primitivo. (Homo Astronomicus...)

Evidentemente esta duración, estimada en días y en lunaciones mediante la observación del paso del Sol por una alineación fija, no pudo ser medida con precisión hasta muchos milenios más tarde, con el desarrollo de los conocimientos científicos de las antiguas civilizaciones, más era suficiente para establecer aproximadamente los ciclos vegetativos anuales, tema de gran importancia en los primeros pueblos agricultores para determinar la época más conveniente para la siembra.

La medición de la duración del año trópico puso de manifiesto que los ciclos lunares y solares no coincidían. El intento de concordar, por medio del calendario, estas discrepancias ha sido objeto de los mayores esfuerzos de los estudiosos de todos los tiempos, desde los sacerdotes babilonios y egipcios hasta la actualidad, pasando por Meton, y Scaliger.

IV. LA OBLICUIDAD DE LA ECLIPTICA

Los astrónomos de la Antigüedad llegaron con prontitud a la conclusión de que el curso anual del Sol se verifica en la Bóveda Celeste según un círculo que forma un ángulo prácticamente invariable con el círculo ecuatorial. Era muy natural que se intentase medir este ángulo, base de casi todas las tablas y cálculos astronómicos en aquellas épocas.

Una de las observaciones antiguas mejor documentadas (Hiparco, Ptolomeo...) fue realizada hacia el año 250 A.C. por el infatigable viajero griego Pytheas, en Massilia la actual Marsella.

Observando la sombra de un gnomon en el solsticio encontró que la relación de la longitud de la sombra a la altura del gnomon era de 0,348. Así halló la altura del Sol, y deduciéndola de la latitud de Marsella obtuvo $\omega = 23, 52^\circ$.

Teniendo en cuenta que la oblicuidad de la eclíptica disminuye aproximadamente $0,013^\circ$ por siglo, Pytheas halló este ángulo con una precisión superior a dos décimas de grado.

La latitud del lugar, que ha de conocerse previamente para utilizar este método, puede determinarse con facilidad mediante la observación, a mediodía, de la longitud de las sombras en los solsticios de verano e invierno, aunque muchos antiguos geógrafos, incluido Ptolomeo, preferían calcularla por la relación que existe entre la latitud y la duración de los días más largos y más cortos del año.

V. LOS AZIMUTES ORTIVOS Y OCASOS

Existen muchas leyendas sobre los avanzados conocimientos esotéricos y astronómicos de antiguas y pasadas civilizaciones.

Muchas de ellas están fundadas en que, en determinada fecha del año, una imagen (o lugar sagrado) situada al fondo de una larga galería, o en las profundidades de un colosal edificio, era iluminada por el Sol saliente atravesando una serie de puertas o aberturas convenientemente dispuestas.

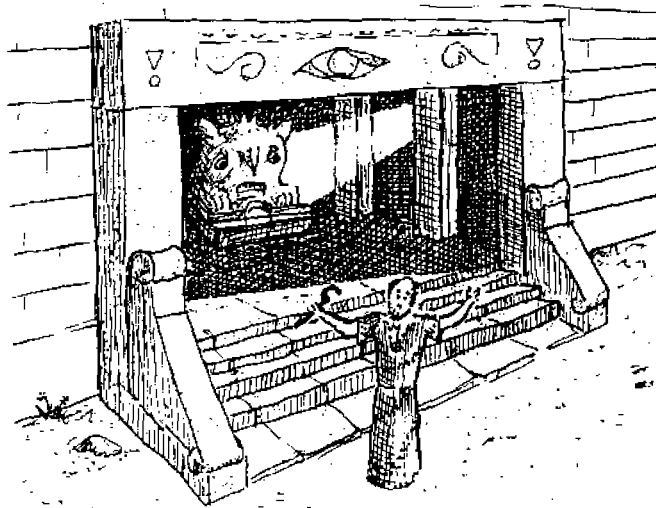


FIG. 3. ¡ OH MARAVILLA !

Como hemos visto anteriormente para conseguir esta "maravilla" no son necesarios grandes conocimientos astronómicos, ni mucho menos esotéricos. Como ya se ha indicado, desde el Neolítico se sabía determinar las alineaciones que fijaba la salida del Sol en un cada uno de los días del año.

Una observación reiterada del azimut ortivo y un computo detallado de los días del año, son suficientes para fijar con sencillez la orientación de estas galerías o aberturas.

De un modo análogo es posible conseguir que el Sol penetre hasta el fondo de una galería adecuadamente orientada a una hora y día prefijados, o sea cuando tenga una altura y azimut determinados.

VI. ALGUNOS EJEMPLOS ACTUALES

Aún en la actualidad, cuando el Sol sale o se oculta en las inmediaciones o a través de algún monumento notable, este hecho sigue llamando la atención de los observadores del paisaje urbano.

Nicole Marquet, socio y corresponsal de nuestra Asociación en París nos ha remitido unas notas, tomadas de la revista "Ciel et Espace", que han sido el motivo de este artículo, y que resumimos y transcribimos a continuación:

En París, si se sitúa el observador en el eje de la "Avenue des Champs Elysées" es posible ver el

R. Soler ha hecho reconstruir una serie de cuadrantes antiguos, de cada uno de los cuales nos ha remitido un ejemplar para nuestra incipiente colección de instrumentos gnomónicos. Nos complacemos en reproducir uno de ellos, así como sus explicaciones sobre sus historia, cálculo y modo de utilización.

EL CUADRANTE DE GIROLAMO DELLA VOLPAIA

R. SOLER GAYA

Se trata de un cuadrante de altura que, juntamente con un nocturlabio (se halla en el reverso del disco) construyó el florentino Girolamo della Volpaia (Hieronimus Vulparia) en 1568. Se conserva en el Museo de Historia de la Ciencia de Florencia. El cuadrante antedicho lleva horas itálicas, es decir contadas desde el ocaso; el que ahora se expone se ha completado con las verdaderas y la numeración de las babilónicas. Además, en vez de simple plomada, se ha dotado de aguja suspendida de longitud variable. Su construcción es muy simple a base de cualquier tabla de alturas solares para cada latitud de lugar y cabe disponer sólo una plomada si se disponen en el ábaco los arcos para las fechas, cual sucede en el ejemplar mencionado de Florencia.

Consiste en un disco con centro de O (figura anexa) y Radio R que tiene un visor o segmento circular KL cuya alineación se dirige hacia el sol manteniendo el disco vertical. En él se encuentran dibujadas las líneas horarias de tiempo verdadero pero también puede consignarse las babilónicas o itálicas. Además se dispone un calendario de meses zodiacales BD y un punto A del que se suspende una plomada o péndulo cuya longitud viene determinada por el punto entre B y D de la fecha correspondiente al día de la observación, ABD vertical.

Lectura.-

Cualquiera sea el soporte del disco, siempre en un plano vertical, se dirige KL hacia el sol tras disponer la plomada suspendida en A; el extremo de esta plomada, de longitud variable según la fecha leída en BD, dará sobre el ábaco de las líneas horarias correspondiente la hora en que se realiza la lectura. el cuadrante puede completarse con una tabla anexa al calendario donde se consignen las correcciones necesarias según la longitud del lugar y la ecuación de tiempo para pasar de tiempo verdadero a tiempo legal o medio. Para mayor claridad el calendario puede disponerse consignando un semestre en B" D", con el equinoccio en C".

Método de construcción.-

En la práctica sobre un disco de centro O (figura anexa) y radio R con un segmento cualquiera KL que no alcance el punto A se dibujan los puntos A, B y D sobre una perpendicular a KL; las distancias pueden ser cualquiera pero puede tomarse $AB = BD = 1$ y la relación con el disco del orden de $R = 1,5 l$, y BO, perpendicular a ABD: $BO = 0,44 l$. Preparado así el dibujo, y con centro en N se traza un arco de círculo B" D" con radio que supere la línea de las XII, en principio desconocida; pero puede iniciarse con radio del orden de $1,7 l$ y centro con BN, perpendicular a ABD, del orden de $0,28 l$.

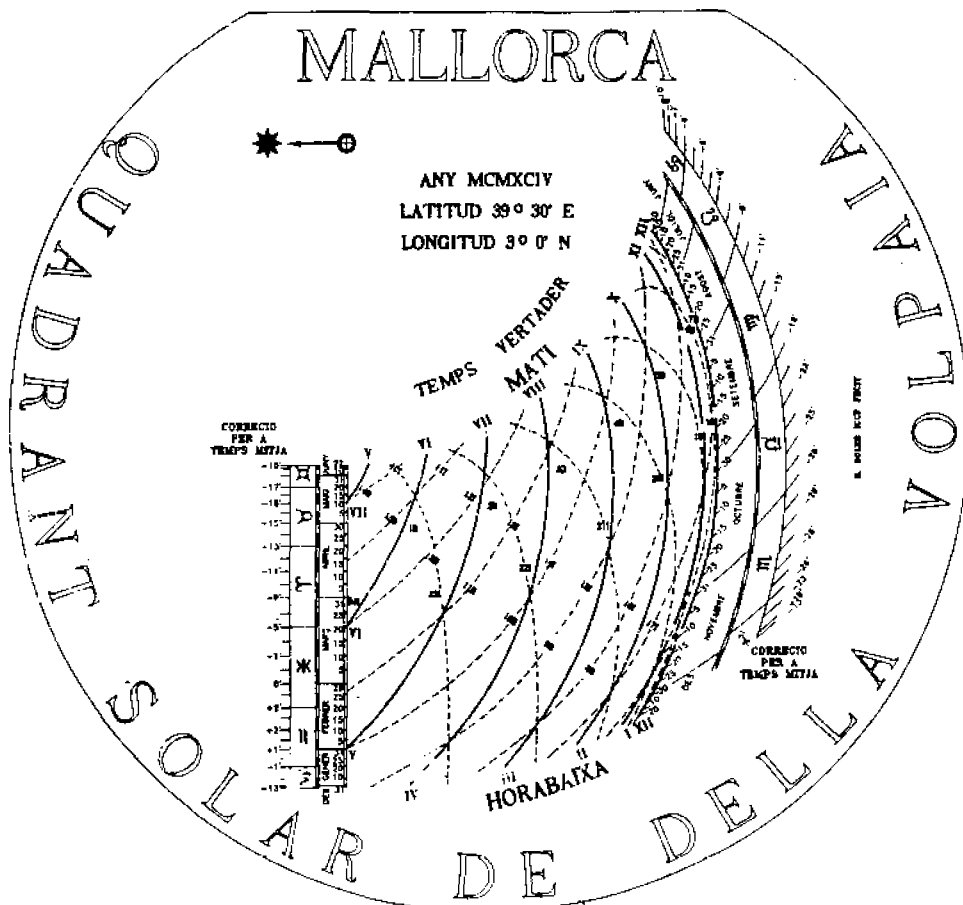
Seguidamente sobre BD se construye un calendario zodiacal de un modo gráfico trazando -aunque cualquier otro criterio valdría- el semicírculo BC'D, dividiéndolo en seis partes: B, E', F', C', G', H', D y disponiendo las normales a BD: E'E, F'F, etc. De este modo se determinan los puntos E, F, G, H, que, con los B, C, D, definen los seis meses zodiacales entre dos de los solsticios. A continuación, y con cuatro en A se trazas los arcos B B", E

E", F F", etc., quedando así definido otro calendario zodiacal en arco: B", E" F", C", etc. Con base en AB y tomando las alturas del sol según los ángulos que para la latitud del lugar corresponden (interpolando si es preciso en las tablas IX) se señalan, para cada hora y para cada arco BB", EE", etc. de separación de los meses zodiacales, los puntos correspondientes; uniendo los puntos relativos a cada hora de plantilla de curvas se tendrá así, en definitiva, el ábaco de líneas horarias de tiempo verdadero para mañana y/o tarde.

Para consignar las horas itálicas se procede también por puntos. Interpolando en la tabla IX utilizada se determinan las fechas en que la altura del sol es nula (se interpola en las horas en que el valor cambia de signo) y se fijan así los puntos I y J pues el C es siempre conocido. Sobre los arcos BB" (solsticio de verano) y DD" (solsticio de invierno) se señalan hora tras hora, y a partir de la fracción que corresponde al ocaso (altura solar nula) interpolando en la tabla IX, los diversos puntos extremos de las líneas horarias; si por I y J con centro en A se trazan arcos de circunferencia, sus intersecciones con las líneas horarias de tiempo verdadero también pertenecerán a las líneas horarias de horas itálicas. Se dispone así de los puntos extremos y varios intermedios que permiten dibujar las líneas con plantilla de curvas.

Para consignar las horas babilónicas nótese que la suma de la hora babilónica (o itálica) de la mañana con la simétrica respecto del mediodía de la itálica (o babilónica) de la tarde es siempre igual a 24. Basta pues, una vez dibujadas las líneas horarias itálicas -e igualmente podría decirse babilónicas- homologar su numeración según sigue:

Itálicas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Babilónicas	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0



En un Boletín anterior (Analema nº 6) se insertaba un pasaje del "Quijote" donde Sancho Panza determina la hora nocturna por medio de la Estrella Polar. En la nota que figura a continuación, P. Dantillo comenta una de las escasas referencias de Cervantes a los relojes solares. Aparece en una de las Novelas Ejemplares, "Rinconete y Cortadillo". Su localización nos ha sido indicada por M.M. Valdés.

LITERATURA Y GNOMONICA : Una referencia a Cervantes

P. DANTILLO (?)

En nuestra literatura clásica no son muy frecuentes, las referencias directas a relojes solares. En números anteriores de nuestro Boletín hemos publicado dos poesías de Quevedo, un escrito de Santa Teresa y una biografía del Capitán Contreras donde explícitamente se alude a estos instrumentos

M.M Valdés nos indica que en una de las "Novelas Ejemplares", *Rinconete y Cortadillo*, de Miguel de Cervantes, (quizás la menos "ejemplar", ya que se dedica a describir con evidente regusto la vida de los dos pícaros y las actividades de los truhanes de la Sevilla de comienzos del siglo XVII) hay una referencia a un reloj solar que portaba un viajero francés en su equipaje.

Cuando Rincon y Cortado se dirigen a Sevilla, en compañía de unos viajeros que los habían socorrido en su contienda con el "harriero", se produce el siguiente hecho:

..... Con todo esto, a la entrada de la Ciudad, que fué a la Oración y por la puerta de la Aduana, a causa del registro y almojarifazgo que se paga, no se pudo contener Cortado de no cortar la valija o maleta que a las ancas traía un francés de la camarada; y así con el de sus cachas le dió tan larga y profunda herida que se parecían patentemente las entrañas y sutilmente le sacó dos camisas buenas, un RELOJ DE SOL y un librito de memoria, cosas que cuando las vieron no les dió mucho gusto y pensaron que pues el francés llevaba a las ancas aquella maleta no la debía haber ocupado en cosas con tan poco peso como era. el que tenían aquellas preseas.

Sabemos el resultado final de la "operación" mercantil realizada tras "chinar" la maleta: Las camisas buenas, de hilo de Francia, suponemos, fueron "pulidas" obteniendo por ellas veinte reales, ya que ambos pícaros:

..... habíanse despedido antes que el salto hiciesen de los que hasta allí los habían sustentado, y otro día vendieron las camisas en el malbaratillo que se hace fuera de la puerta del Arenal y dellas hicieron veinte reales.

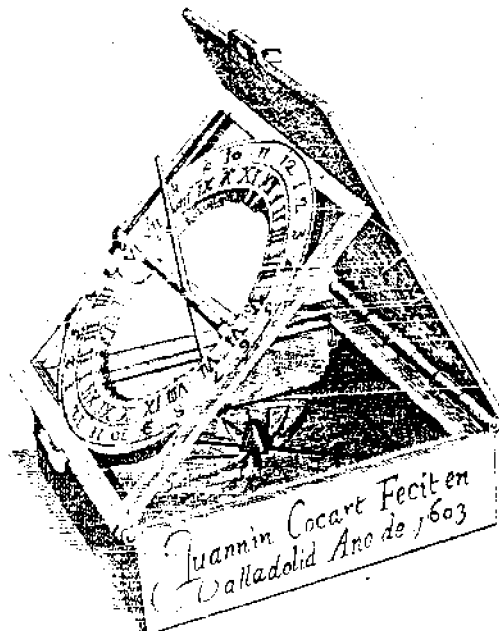
No nos aclara D. Miguel que sucedió con el reloj de sol. Quizás se deshicieron de él arrojándolo al Guadalquivir para ocultar esta prueba de su delito, ya que para conocer la hora les bastaban los toques de las campanas de la Catedral (...llegaron a Sevilla, dice el autor, a la hora de la Oración...)

La producción de estos instrumentos en las Españas del siglo XVI era realmente muy escasa, y aunque con toda seguridad los relojes solares portátiles ya eran conocidos y utilizados en aquellas épocas, no debían estar muy extendidos en nuestro País. (En esta narración aparece el reloj en el equipaje de un visitante extranjero)

Pedro Roiz nos idica en su "Libro de Reloges Solares" de 1576 (vid. "Analema" nº 6) la necesidad de corregir los relojes dípticos portátiles importados de Flandes, para adaptarlos a nuestras latitudes:

..... Porque si aquí se hubieren de hacer con el adereço y pintura y con su agujita costarían más que todo el reloj, hecho y enmendado, por la grande falta que tenemos en España de oficiales para cosas semejantes

Presentamos a continuación un grabado que reproduce un reloj díptico hecho por Cocart en Valladolid en 1603, análogo al que los dos pícaros "afanaron" de la valija del viajero.



LAS NOTICIAS Y COMENTARIOS QUE SE PUBLICAN EN ESTA SECCION SE TRANSCRIBEN BAJO LA EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE SUS COMUNICANTES O COMENTARISTAS. LA ASOCIACION NO SE HACE RESPONSABLE EN NINGUN CASO DE SU EXACTITUD O CONTENIDO.

1.- MAS ARTEFACTOS

Antonio Angulo nos ha obsequiado con un curioso reloj ecuatorial montado sobre una pequeña esfera flotante, la cual contiene unas barras imanadas mediante las cuales se orienta hacia el Norte. (Norte Magnético, como es natural).

En el interior de la esfera, construida de un material transparente, se ha dispuesto un reloj solar ecuatorial, que de este modo se orienta automáticamente.

En realidad es una brújula-reloj en la que se ha previsto el ajuste de latitud y la corrección de la declinación magnética.

Agradecemos a nuestro amigo y asociado este nuevo donativo, que viene a aumentar nuestra incipiente colección de instrumentos y artefactos.

Insistimos en que el término *artefacto* no tiene carácter peyorativo –antes al contrario–, pues significa “obra mecánica hecha según arte”.

No así el despectivo *artilugio*, cuyo significado es el de “aparato o mecanismo artificioso, pero de poca importancia o duración”.

Quede claro que la colección se compone de artísticos artefactos, y no de artificiosos artilugios.

2. EL PROBLEMA DE AJAZ

El milagro del reloj solar de Ajaz, (Achaz o Akab), (Isaias XXXVIII .8), en el que la sombra del reloj solar retrocedió diez grados (o dedos, o escalones) ha sido objeto de numerosos estudios y comentarios, desde los más antiguos gnomonistas hasta nuestros días. (Nunez, Spinoza, Casini, Flammarion, Borchardt..etc.).

Sus conclusiones han sido que, excepto como manifestación del poder de Yavé, tal como se describe en la Biblia, en ningún reloj solar podría apreciarse este fenómeno de retrogradación.

Pero, aunque el Sol no retroceda, ¿es posible que la sombra de un gnomon avance en un sentido, y a partir de cierta hora retroceda ?

Este es el problema que nos plantea M.M.Valdés, quien pregunta a nuestros lectores:

¿Es posible construir un reloj solar que repita el milagro de Achaz ?

No creemos que sea necesario emplear poderes taumaturgicos para conseguir este mini-milagro.

Rogamos que, en las soluciones que nos sean remitidas, se emplee la siguiente notación:

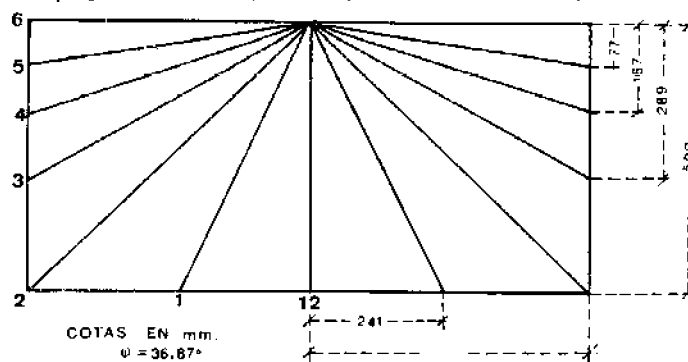
latitud: φ : ángulo horario: t
declinación: d ó δ : azimut: a ó α ,

3.- UN RELOJ IMAGINARIO

En un lugar cuya latitud es $36,87^\circ$ ($\sin=0,60$) nuestro amigo Mendax (?) nos ha mostrado un reloj solar horizontal con unas extrañas líneas horarias, que presentan mayor separación angular en las horas de mediodía que en las de la tarde.

Según sus fantásticas explicaciones podría corresponder a una latitud ficticia imaginaria

$$\varphi = [\pi/2 + i \cdot \text{Arg Ch}(3)], \text{ siendo } i = \sqrt{-1}$$



In Aliud Tempus Rejcio

¿ Es posible que un reloj con líneas horarias análogas al que se presente en el dibujo anterior pueda indicar correctamente la hora solar ?

Hemos consultado con varios asociados y algunos afirman que es imposible. Recabamos su opinión.

4. RELOJ BIFILAR PARABOLICO

En el diario *EL PAIS* de fecha 26 de Abril de 1994 figura un reportaje de J. Boix Angelat sobre un reloj bifilar de tipo no usual. De hecho creemos que es el primero que posea estas características.

Se trata de un cuadrante bifilar horizontal en el que hilo E-W está reemplazado por una lámina de acero cuyo borde superior tiene forma de parábola, mientras que el hilo N-S es también una lámina, de borde recto y horizontal.

Según se indica en este reportaje, ha sido construido en el espigón de Bogatell, diseñado por expertos “gnomistas”, entre los que cita a R. Soler Gayá, J.R. de Clascá y A Viador, que dirigieron la obra. Es de grandes dimensiones –su base circular tiene 6,80 metros de diámetro– y el autor del reportaje lo califica de “misterioso monumento, curioso y grande artefacto de hormigón y acero, y.... rareza científica”.

Recordamos que en el Boletín “Analema 2” se publicó un artículo de M.A. Hacar en el que se planteaba teóricamente la extensión del reloj bifilar a una línea parabólica y una recta

Nuestro Asociado. HERBERT RAU, corresponsal en Berlin, nos remite un comentario al artículo aparecido en "Analema" 7 referente a los llamados "relojes de Misa". Indica la gran cantidad de marcas grabadas en muros, que han sido halladas en Mecklenburg-Vorpommern y que podrían asimilarse a relojes de este tipo, y establece la hipótesis de que algunas de ellas podrían haber sido hechas por los artesanos constructores de las obras para indicar las horas de las comidas o de interrupción del trabajos.

LADRILLOS GRABADOS CON ALGUNOS TRAZOS EN LAS IGLESIAS MEDIEVALES DE MECKLENBURG-VORPOMMERN

HERBERT RAU

En el artículo de M. Milenio (Analema nº 7 de Enero-Abril 1993) titulado *¿A qué hora rezaban nuestros Monjes?*, en la página 12 se dibuja y menciona un reloj medieval como perteneciente a un denominado "segundo tipo"

Con este motivo presentamos a continuación una lista de referencias de las marcas del tipo / | \ (segundo tipo) que hasta ahora han sido halladas en las Comunidades de Mecklenburg-Vorpommern

Algunas de estas marcas grabadas están catalogadas como relojes medievales y tienen sus números DGS-Nr. (signatura de la Deutsche Gesellschaft für Chronometrie), otras no lo están.

No todos estos objetos que aparecen en los archivos deben ser identificados como relojes medievales, en contra de lo que aseguran otros investigadores.

Muchos ejemplares están incluidos en un solo ladrillo. Con toda seguridad si son relojes medievales el Nr.12, con su medio círculo, de St. Jakobi/Greisdorf, y otros que abarcan varios ladrillos: Nr. 1, 2, 13, 15, 21, 42 y 44.

La mayoría de ellos se encuentran en muros orientados hacia el Sur.

Es posible afirmar que si en una zona se encuentra gran cantidad de relojes medievales, también aparecerán muchos del tipo / | \ (Granzow, Strasburg..).

La altura, medida desde el suelo, a la que estas incisiones están grabadas, corresponde a la altura del observador.

No se ha aclarado aún por qué existen en las paredes de determinadas Iglesias múltiples ejemplares

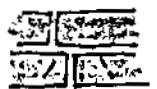
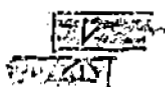
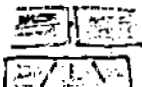
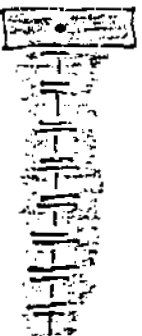
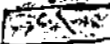
Tampoco se ha aclarado si todas estas líneas constituyen siempre relojes de Misa o pudieran tener otro sentido.

¿Podría ser que los artesanos que construyeron las obras marcaran las horas de tomar sus alimentos mediante este simple tipo de reloj?



En el croquis que figura en la página anterior puede verse la localización geográfica de los relojes mencionados en la lista siguiente

NOTA: El Autor presenta una extensa lista donde figuran las características de 45 relojes o ladrillos del tipo descrito. Presentamos únicamente el encabezamiento y primeros ejemplares. Si algún lector desea poseer la lista completa puede solicitarla a la Asociación

Lfd. Nr.	Standort	DGC-Registr. Nr. 4)	Skizze Maßstab ca 1:20	ca Richtung 3) Wandnormale	weitere ma Su'en am Standort 4)	konkreter Ort an der Kirche 4)
1	2	3	4	5	6	7
<u>Kreis Anklam</u>						
1	Anklam, St.Marien I	5006		S	ja	li neben Pforte Längsschiff, 6. u. 8.Steinreihe v. unten
2	"	III 5008		S	"	li oder re neben Pforte Längsschiff, 6.u.7. Steinreihe v. unten
3	"	IV 5009		S	"	re neben Pforte Chor, 4.u.5.Steinreihe v. unten
4	Gramzow	nicht istr.		S	"	li neben DGC-Nr.5012, 1 Steinreihe höher
.....						
<u>Kreis Waren</u>						
42	Penzlin	"		S	"	direkt unter DGC-Nr.5227
<u>Kreis Wismar</u>						
43	Hornstorf	5233		SSO	"	re unter DGC-Nr. 5232
<u>Kreis Wolgast</u>						
44	Kröslin	5249		S	nein	zwischen 3.u.4. Fenster Längsschiff, 22.bis 30. Steinreihe v.unten
45	Wolgast, Friedhof St.Gertrud-Kapelle	5254		W	ja	re neben Westpforte

RESUMEN DE LOS ARTICULOS PUBLICADOS EN ESTE BOLETIN

LOS ARTICULOS PUBLICADOS CON SEUDONIMO O CUYO

AUTOR SE DESCONOZCA SE SEÑALAN CON EL SIGNO (?)

2

A B S T R A C T S

EDITOR

9.

En estos "Abstracts" se exponen algunos comentarios, en inglés, del contenido de los artículos de este Boletín, así como referencias a sus autores. Es equivalente al presente Resumen, aunque no se corresponde exactamente con su traducción.

3

EL RELOJ ROMANO DE MAZARRACIN

M. MILENIO (?)

Se describe en este artículo un reloj romano que existe en depósito en el Museo de Santa Cruz, en Toledo. Fué hallado por D. Salvador Pacheco Muñoz; sus herederos lo donaron al Museo.

Se trata de un reloj "scaphe", pero de tipo cónico, que es probablemente el primero de este tipo hallado en nuestro País.

Una nota del Editor indica que próximamente se publicará un estudio más detallado sobre el mismo

4

EL BASTON DE AL-TUSI

L. HIDALGO

El astrónomo andalusí *Ibn. Numari* escribió, hacia 1220, un tratado en el que se describía un astrolabio lineal, inventado unos veinte años antes por el persa *Sarf al-Din Al-Tusi*

Se trata de un astrolabio muy ingenioso, reducido a la línea meridiana representada por un bastón en el que están marcados la proyección del Polo y los centros e intersecciones de los círculos de declinación y altura con la línea meridiana.

Al carecer de limbo graduado, y también de alidada, los radios de los círculos y las cuerdas de los arcos se materializan por medio de hilos o cadenitas, que permiten medir y transportar sus valores a las diversas escalas grabadas en ambos costados del bastón.

Unas detalladas y extensas explicaciones sobre su construcción y uso permiten al curioso lector disfrutar de las delicias de la astronomía persa y andalusí de finales del siglo XII.

13

SOBRE LA AMPLITUD ORTIVA DEL SOL

M. LOMBARDEO

El reconocimiento de la variación del lugar aparente por donde sale o se pone el Sol (amplitud ortiva, amplitud occidua) fué uno de los más antiguos conocimientos astronómicos adquiridos por el Hombre.

Desde los albores de la Humanidad se marcaron estos lugares por medio de alineaciones de piedras verticalmente dispuestas, y de la determinación de estos ángulos pudo deducirse la duración del año trópico, las épocas de solsticios y equinoccios y su correspondencia con el ciclo de las estaciones meteorológicas, la oblicuidad de la Eclíptica...etc.

El autor nos conduce, en un largo paseo ortivo-occiduo, desde los monumentos megalíticos hasta el Arco de Triunfo de París, e incluso a las no muy afortunadas Torres de Kio, de Madrid.

16

EL CUADRANTE DE DELLA VOLPIA

R. SOLER GAYA

Se describe un cuadrante de alturas solares que se encuentra en el Museo de Historia de la Ciencia de Florencia. Tiene forma de disco, con un segmento circular que deberá ser apuntado hacia el Sol para hallar la hora. (hora itálica, es decir: contada a partir del ocaso)

R. Soler ha hecho construir un nuevo modelo de este cuadrante, cuyos detalles de trazado explica en este artículo. A las horas itálicas ha añadido las babilónicas y las de tiempo verdadero local. Un dibujo que reproduce a escala reducida la faz de este cuadrante, y unas instrucciones para su manejo completan las explicaciones anteriores.

RESUMEN DE LOS ARTICULOS PUBLICADOS EN ESTE BOLETIN

LOS ARTICULOS PUBLICADOS CON SEUDONIMO O CUYO

AUTOR SE DESCONOZCA SE SEÑALAN CON EL SIGNO (?)

18

LITERATURA Y GNOMONICA

P. DANTILLO (?)

En una de las "Novelas Ejemplares" de Cervantes, *Rinconete y Cortadillo*, aparece una mención explícita de un reloj solar de bolsillo, que portaba un viajero francés en su valija. Como es sabido, ambos pícaros, a pesar de haber sido socorridos por estos viajeros en su contienda con el "harriero", roban el contenido de la maleta del viajero poco antes de llegar a Sevilla. Entre los productos del robo se encuentran unas camisas de hilo fino, que venden en el malbaratillo del Arenal, y un reloj de sol portátil de cuya suerte nunca más se supo. (o por lo menos D. Miguel no nos lo aclara)

P. Dantillo aporta su habitual comentario a estos lances. Se reproduce un grabado que representa un reloj portátil díptico, construido en Valladolid en aquella época

21

LADRILLOS GRABADOS CON ALGUNOS TRAZOS, EN LAS IGLESIAS MEDIEVALES DE MECLEMBURG-VORPOMMERN

H. RAU

En "Analema 7" se publicó un artículo de M. Milenio que se titula *¿A qué hora rezaban nuestros Monjes?*. En la página 12 aparece la fotografía de unos trazos que podrían corresponder a un reloj de misa muy elemental que se denominó "segundo tipo". Fué hallado en la Ermita de Santibáñez del Val

Nuestro asociado Herbert Rau nos envía sus comentarios a este artículo, y una extensa lista con referencias sobre algunos ladrillos hallados en Iglesias medievales, en las regiones alemanas de Meclemburg-Vorpommern. Gran parte de estos ladrillos llevan, curiosamente, unas marcas semejantes a las de Santibáñez no obstante el ámbito geográfico tan diferente en que fueron hallados. El Autor indica que es posible que no todas aquellas marcas correspondieran a relojes de misa, algunas pudieron ser hechas por los albañiles y artesanos que construyeron las Iglesias, para fijar las horas de las comidas o de interrupción del trabajo.

25

TABLAS DE LA DECLINACION Y ECUACION DEL TIEMPO PARA EL AÑO 1995

M. M. VALDES

Se publican unas Tablas diarias de los valores de la declinación del Sol y Ecuación del tiempo para el próximo año 1995. También incluye las fechas de las fases de la Luna.

Los valores de la E.T vienen expresados en minutos y segundos de tiempo. Los valores angulares de la declinación solar se aproximan hasta milésimas de grados sexagesimales.

Como en años anteriores han sido calculadas mediante ordenador por M. M. Valdés, a quien debemos agradecer la elaboración y publicación de estos datos.

LA ASOCIACION DE AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL NO SE HACE RESPONSABLE DEL CONTENIDO DE LOS ARTICULOS PUBLICADOS EN ESTE BOLETIN. SU REPRODUCCION ESTA PERMITIDA CITANDO SU PROCEDENCIA, EXCEPTO EN LOS CASOS EN LOS QUE SE MENCIONE LA EXISTENCIA DE ©, DERECHOS DE AUTOR O CUALQUIER OTRO IMPEDIMENTO LEGAL, DE ACUERDO CON LAS LEYES INTERNACIONALES DE PROPIEDAD INTELECTUAL

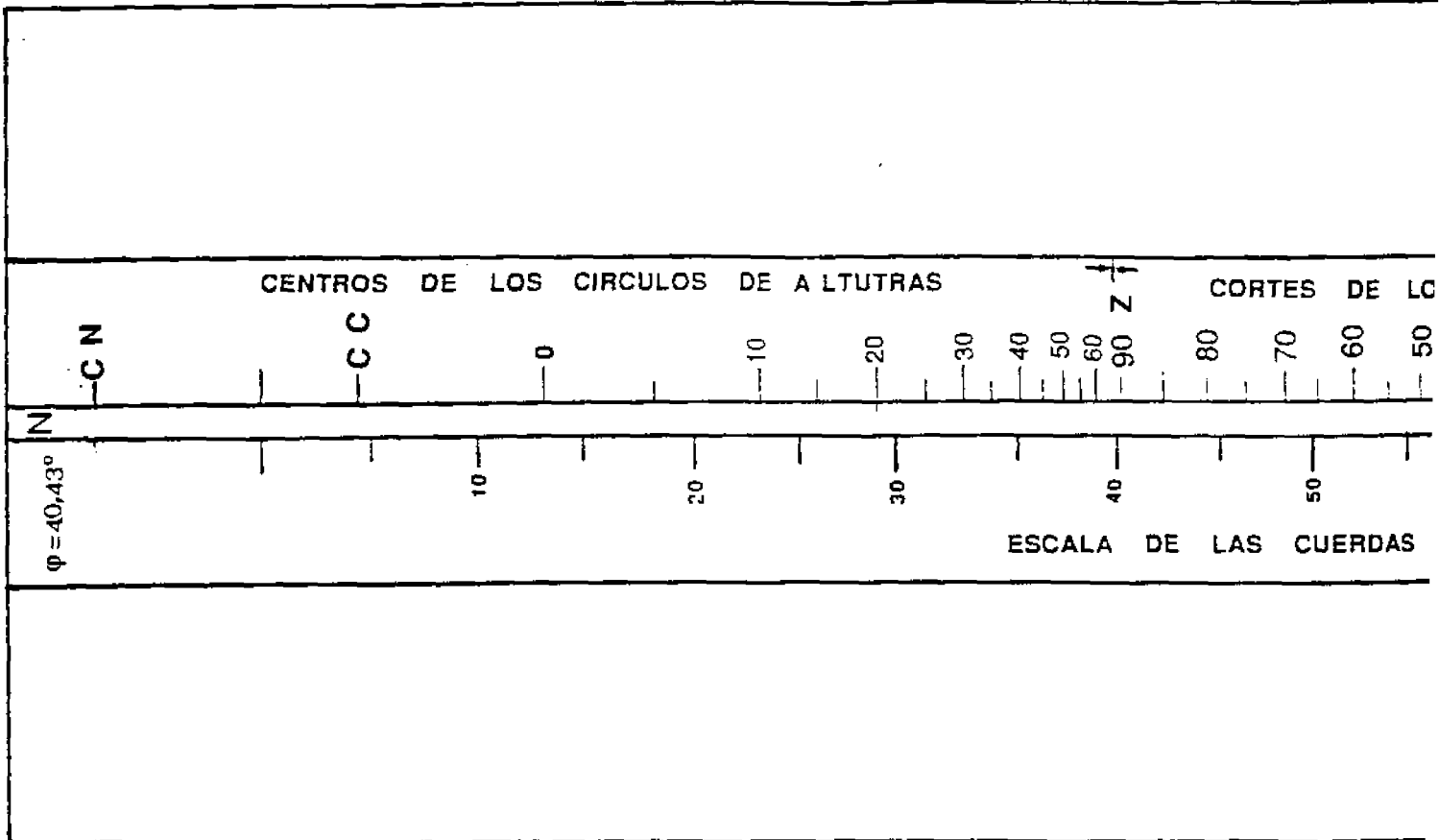
PARA ASUNTOS RELACIONADOS CON ESTE BOLETIN, Y OTRAS PUBLICACIONES DE NUESTRA ASOCIACION, PUEDE DIRIGIRSE LA CORRESPONDENCIA AL DOMICILIO SOCIAL, O BIEN A LOS SIGUIENTES ASOCIADOS QUE FORMAN PARTE DEL COMITE DE REDACCION

PRESIDENCIA.....	LUIS HIDALGO	Piz. PABLO GARNICA 1	28030-MADRID
SECRETARIO.....	MANUEL LOMBARDERO	ISAAC PERAL 48	28040-MADRID
BIBLIOGRAFIA.....	JESUS DE LA CALLE	PASEO YESERIAS 11	28005-MADRID

AÑO 1,995 HORA de PASO por el MERIDIANO y DECLINACION
LONGITUD 0.000 (+ Oeste) (12 T.M.U.)

	enero		febrero		marzo		abril		mayo		junio		
	e.t.	decl.	e.t.	decl.	e.t.	decl.	e.t.	decl.	e.t.	decl.	e.t.	decl.	
1	3 25	-23.017 *	13 34	-17.151	12 27	-7.657 *	4 1	4.467	-2 52	15.019	-2 16	22.027	1
2	3 53	-22.932	13 41	-16.865	12 15	-7.276	3 43	4.853	-2 59	15.320	-2 7	22.161	2
3	4 21	-22.839	13 48	-16.574	12 3	-6.894	3 25	5.237	-3 6	15.617	-1 57	22.289	3
4	4 49	-22.739	13 55	-16.278	11 50	-6.510	3 8	5.619	-3 12	15.910	-1 48	22.410	4
5	5 16	-22.632	13 60	-15.978	11 37	-6.125	2 50	6.000	-3 17	16.198	-1 37	22.524	5
6	5 42	-22.517	14 5	-15.673	11 23	-5.738	2 33	6.379	-3 22	16.482	-1 27	22.632	6
7	6 9	-22.394	14 8	-15.363	11 9	-5.350	2 16	6.756	-3 27	16.761	-1 16	22.733	7
8	6 34	-22.265	14 11	-15.049	10 55	-4.961	1 59	7.132	-3 30	17.036	-1 4	22.827	8
9	6 60	-22.128	14 13	-14.731	10 40	-4.571	1 42	7.505	-3 34	17.305	-0 53	22.915	9
10	7 24	-21.983	14 15	-14.409	10 25	-4.179	1 26	7.876	-3 36	17.571	-0 41	22.996	10
11	7 48	-21.832	14 15	-14.083	10 9	-3.787	1 10	8.245	-3 38	17.831	-0 29	23.071	11
12	8 12	-21.673	14 15	-13.753	9 53	-3.394	0 54	8.612	-3 40	18.086	-0 17	23.139	12
13	8 35	-21.508	14 14	-13.419	9 37	-3.001	0 39	8.976	-3 41	18.336	-0 4	23.199 o	13
14	8 57	-21.335	14 13	-13.081	9 21	-2.606	0 24	9.338	-3 41	18.581 o	0 8	23.253	14
15	9 19	-21.156	14 10	-12.740 o	9 4	-2.212	0 9	9.697 o	-3 41	18.821	0 21	23.301	15
16	9 40	-20.970 o	14 7	-12.395	8 47	-1.817	-0 6	10.054	-3 40	19.055	0 34	23.341	16
17	10 0	-20.777	14 3	-12.048	8 30	-1.422 o	-0 20	10.408	-3 39	19.284	0 47	23.374	17
18	10 20	-20.578	13 59	-11.697	8 13	-1.026	-0 34	10.759	-3 37	19.508	0 60	23.401	18
19	10 39	-20.372	13 54	-11.342	7 55	-0.631	-0 47	11.107	-3 35	19.726	1 13	23.421	19
20	10 57	-20.160	13 48	-10.985	7 37	-0.236	-0 60	11.452	-3 32	19.938	1 26	23.434	20
21	11 14	-19.942	13 41	-10.625	7 20	0.160	-1 12	11.793	-3 28	20.145	1 39	23.439	21
22	11 31	-19.717	13 34	-10.263	7 2	0.554	-1 25	12.132	-3 24	20.346	1 52	23.439	22
23	11 47	-19.486	13 26	-9.897	6 44	0.949	-1 36	12.467	-3 20	20.542	2 5	23.431	23
24	12 2	-19.249	13 18	-9.530	6 26	1.343	-1 47	12.799	-3 14	20.731	2 18	23.416	24
25	12 16	-19.007	13 9	-9.160	6 7	1.737	-1 58	13.127	-3 9	20.914	2 31	23.394	25
26	12 29	-18.758	12 59	-8.787	5 49	2.129	-2 8	13.452	-3 3	21.092	2 43	23.366	26
27	12 42	-18.504	12 49	-8.412	5 31	2.522	-2 18	13.773	-2 56	21.263	2 56	23.331	27
28	12 54	-18.244	12 38	-8.036	5 13	2.913	-2 27	14.090	-2 49	21.429	3 8	23.289 *	28
29	13 5	-17.979			4 55	3.303	-2 36	14.404 *	-2 42	21.588 *	3 20	23.240	29
30	13 15	-17.708 *			4 37	3.692	-2 44	14.713	-2 34	21.741	3 33	23.184	30
31	13 25	-17.432			4 19	4.080 *			-2 25	21.887			31
	julio		agosto		septiembre		octubre		noviembre		diciembre		
	e.t.	decl.	e.t.	decl.	e.t.	decl.	e.t.	decl.	e.t.	decl.	e.t.	decl.	
1	3 44	23.121	6 20	18.067	0 7	8.353	-10 12	-3.108	-16 23	-14.363	-11 7	-21.770	1
2	3 56	23.052	6 16	17.813	-0 12	7.989	-10 31	-3.496	-16 24	-14.682	-10 44	-21.923	2
3	4 7	22.976	6 12	17.555	-0 31	7.624	-10 50	-3.883	-16 25	-14.998	-10 21	-22.070	3
4	4 18	22.894	6 7	17.293	-0 51	7.257	-11 9	-4.269	-16 25	-15.309	-9 57	-22.209	4
5	4 29	22.804	6 1	17.025	-1 10	6.897	-11 27	-4.654	-16 24	-15.616	-9 33	-22.341	5
6	4 39	22.708	5 55	16.753	-1 30	6.516	-11 45	-5.039	-16 22	-15.918	-9 8	-22.466	6
7	4 49	22.606	5 48	16.477	-1 51	6.143	-12 2	-5.422	-16 19	-16.217 o	-8 42	-22.584 o	7
8	4 59	22.497	5 41	16.196	-2 11	5.768	-12 20	-5.805 o	-16 16	-16.510	-8 16	-22.694	8
9	5 8	22.382	5 33	15.911	-2 32	5.392 o	-12 36	-6.186	-16 11	-16.799	-7 50	-22.797	9
10	5 17	22.260	5 24	15.621 o	-2 53	5.014	-12 53	-6.565	-16 6	-17.084	-7 23	-22.893	10
11	5 25	22.131	5 15	15.328	-3 14	4.635	-13 8	-6.944	-16 0	-17.363	-6 56	-22.980	11
12	5 33	21.997 o	5 5	15.030	-3 35	4.254	-13 24	-7.320	-15 53	-17.638	-6 28	-23.061	12
13	5 40	21.856	4 55	14.728	-3 56	3.872	-13 39	-7.695	-15 46	-17.907	-6 0	-23.134	13
14	5 47	21.709	4 44	14.423	-4 17	3.489	-13 53	-8.069	-15 37	-18.172	-5 32	-23.199	14
15	5 54	21.555	4 33	14.113	-4 39	3.105	-14 7	-8.440	-15 27	-18.431	-5 3	-23.256	15
16	5 60	21.396	4 21	13.800	-4 60	2.720	-14 20	-8.809	-15 17	-18.684	-4 34	-23.306	16
17	6 5	21.231	4 8	13.483	-5 21	2.334	-14 33	-9.177	-15 6	-18.932	-4 5	-23.348	17
18	6 10	21.059	3 55	13.163	-5 43	1.947	-14 45	-9.542	-14 54	-19.175	-3 36	-23.382	18
19	6 15	20.882	3 42	12.839	-6 4	1.560	-14 56	-9.905	-14 41	-19.411	-3 6	-23.408	19
20	6 18	20.698	3 28	12.512	-6 25	1.172	-15 7	-10.265	-14 28	-19.642	-2 36	-23.426	20
21	6 22	20.509	3 14	12.181	-6 47	0.784	-15 17	-10.623	-14 13	-19.867	-2 7	-23.437	21
22	6 25	20.314	2 59	11.847	-7 8	0.395	-15 27	-10.979	-13 58	-20.086 *	-1 37	-23.440 *	22
23	6 27	20.114	2 43	11.511	-7 33	0.006	-15 36	-11.331	-13 42	-20.299	-1 7	-23.435	23
24	6 28	19.908	2 28	11.171	-7 50	-0.384 *	-15 44	-11.681 *	-13 25	-20.506	-0 37	-23.422	24
25	6 29	19.696	2 11	10.828	-8 11	-0.773	-15 51	-12.028	-13 8	-20.706	-0 7	-23.401	25
26	6 30	19.479	1 55	10.482 *	-8 32	-1.163	-15 58	-12.371	-12 49	-20.900	0 23	-23.373	26
27	6 30	19.257 *	1 38	10.134	-8 52	-1.552	-16 4	-12.712	-12 30	-21.087	0 52	-23.336	27
28	6 29	19.029	1 21	9.782	-9 12	-1.942	-16 9	-13.049	-12 10	-21.268	1 22	-23.292	28
29	6 27	18.796	1 3	9.429	-9 32	-2.331	-16 14	-13.383	-11 50	-21.442	1 51	-23.240	29
30	6 26	18.558	0 45	9.072	-9 52	-2.720	-16 18	-13.713	-11 29	-21.609	2 20	-23.180	30
31	6 23	18.315	0 26	8.714			-16 21	-14.040			2 49	-23.113	31

hora de paso = 12 mas e.t. (min. y seg.) declinación en (°)



α	δ	AS	LOS CIRCULOS DE ALTURAS	DECLINACIONES $\downarrow$
4 ^h 35 ^m	46° 00'	CAPELLA	50	
19 ^h 36 ^m	38° 47'	VEGA 80	40	
7 ^h 34 ^m	31° 56'	CASTOR	30	
			20	
			10	
			0 H	
			6 C	
			12 CN	
			18 CAST	
14 ^h 15 ^m	19° 11'	ARTURUS	26.5/18.7	21° 4 ^h 12 ^m - 7 ^h 50 ^m
4 ^h 35 ^m	16° 30'	ALDEBARAN	12.5/1.8	18° 3 ^h 50 ^m - 8 ^h 10 ^m
			5.5/8.8	3 ^h 16 ^m - 8 ^h 45 ^m
			23.4/15.8	16° 2 ^h 40 ^m - 9 ^h 12 ^m
			6 m	14° 2 ^h 22 ^m - 9 ^h 40 ^m
10 ^h 08 ^m	11° 58'	BETELGEUSE	13.4/28.8	1 ^h 55 ^m - 10 ^h 02 ^m
7 ^h 39 ^m	5° 14'	PROXION	7.4/4.9	9° 1 ^h 26 ^m - 10 ^h 30 ^m
			31.3/12.9	7° 1 ^h 04 ^m - 10 ^h 52 ^m
			Y Z	4° 0 ^h 38 ^m - 11 ^h 2 ^m
				0 ^h 00 ^m - 12 ^h 00 ^m
			10.3/4.10	4° 23 ^h 21 ^m - 12 ^h 40 ^m
5 ^h 14 ^m	8° 12'	RIGEL	26.2/17.10	9° 22 ^h 33 ^m - 13 ^h 28 ^m
13 ^h 25 ^m	11° 09'	SPICA	17.2/25.10	12° 21 ^h 58 ^m - 14 ^h 00 ^m
			% m	
			12.2/31.10	14° 2 ^h 1 ^h 39 ^m - 14 ^h 22 ^m
6 ^h 45 ^m	16° 43'	SIRIO	5.2/7.11	16° 21 ^h 11 ^m - 14 ^h 50 ^m
			29.1/14.11	18° 20 ^h 42 ^m - 15 ^h 17 ^m
			16.1/27.11	20 ^h 09 ^m - 15 ^h 50 ^m
			10.1/3.12	21° 19 ^h 48 ^m - 16 ^h 12 ^m
			1.1/1.12	22° 19 ^h 22 ^m - 16 ^h 37 ^m
			17	23° 18 ^h 42 ^m - 17 ^h 08 ^m
				18 ^h 00 ^m - 18 ^h 00 ^m

