

ANALEMA

BOLETÍN DE LA ASOCIACIÓN DE AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL

SUMARIO

- 1 EDITORIAL EDITOR
- 2 ABSTRACTS EDITOR
- 3 FRANCISCO DI BARTOLO DA BUTI
Y LA MEDIDA DEL TIEMPO M. ARNALDI
- 7 LAS NUBES PARAN AL RELOJ DE SOL L. G^a. DE PEDRAZA
- 10 EL CAÑÓN SOLAR DEL PALAIS-ROYAL
DE PARIS N. MARQUET
- 12 CURVA DEL ^ ASR Y ARCO DE LA OBLICUI-
DAD EN UN ASTROLABIO ÁRABE J.M. PONCE DE LEÓN
- 15 LA GNOMÓNICA EN "L'HISTOIRE DES
MATHEMATIQUES" DE MONTUCLA M. MILENIO
- 19 UNA MANERA RÁPIDA Y SENCILLA
DE ESTIMAR LA HORA M.A. DEL FRESNO
- 20 RESEÑAS DE PUBLICACIONES REDACCIÓN
- 21 LA MÁS SENCILLA FÓRMULA PARA EL
RELOJ DECLINANTE M. LOMBARDERO
- 25 VALORES DE LA DECLINACIÓN MAGNÉTICA
EN ESPAÑA PARA 1998 J. DE LA CALLE

La Asociación de Amigos de los Relojes de Sol fue creada en Abril de 1988 . Figura en el Registro de Asociaciones con la referencia N-186885. Su Junta directiva actual es la siguiente: PRESIDENTE Luis Hidalgo Velayos. VICEPRESIDENTE: Jacinto del Buey Pérez. SECRETARIO GENERAL: Manuel Lombardero Soto. TESORERO: Antonio de Vicente Candeira. BLIOTECARIO: Jesús de la Calle Montes, VOCALES ASESORES: Manuel María Valdés Carracedo, Javier Moreno Bores, VOCALES: Miguel Ángel Hacar Benítez, Baltasar Soteras Elía, Antonio Angulo Álvarez, Juan José Caurcel, José Esteban Esteban

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

Para el cumplimiento de estos fines se celebran reuniones periódicas, se mantiene contacto con otras Asociaciones o Entidades semejantes y se publica cuatrimestralmente un Boletín Informativo denominado "Analema", abierto ala colaboración de todos sus lectores.

La Asociación de Amigos de los Relojes de Sol ofrece a sus asociados los siguientes servicios:

- Comprobación y datación de cuadrantes y relojes antiguas.
- Información Bibliográfica, con un fondo de más de dos mil entradas referentes a temas relacionados con la Gnomónica
- Traducción o revisión de artículos de revistas, boletines, o publicaciones sobre estos temas.
- Asesoramiento para la construcción o reparación de relojes solares.

Estos servicios son prestados a sus Socios a título gratuito, o en casos especiales, a coste estricto a las personas o entidades que así lo soliciten y sean presentadas por algún Socio. En todo caso los servicios de asesoramiento serán totalmente gratuitos pata las entidades de carácter cultural

Para obtener la condición de Asociado es necesario la presentación por dos socios de la persona o entidad interesada, y su admisión por la Junta de Gobierno. La cuantía de su aportación económica como cuota anual, es fijada libremente por el propio interesado, pudiendo ser nula si así lo desea. No obstante, para recibir el presente Boletín y el resto de las publicaciones de la Asociación deberá aportar el equivalente a los gastos de envío.

En general y salvo indicación expresa, los artículos publicados en este Boletín podrán ser reproducidos o utilizados, citando su procedencia y previa comunicación a esta Asociación. Se exceptúan los casos en los que se indique la existencia de derechos de autor, o cualquier otro tipo de impedimento legal.

La Asociación de Amigos de los Relojes de Sol no se hace, en ningún caso responsable del contenido o interpretación de los escritos, gráficos, o tablas, ni de cualquier otro tipo de información contenida en los Boletines ni en ninguna de sus publicaciones colectivas. Agradece cualquier tipo de crítica, comentario, discusión o reseña de los mismos, que será transmitida a su autor y publicada en el Boletín si, a juicio de la Junta, su interés y generalidad lo hiciese conveniente. Se reserva el derecho de adaptar, resumir, comentar o editar, con el previo conocimiento de su autor, los originales recibidos para su publicación. Su extensión no deberá exceder de cinco folios, salvo que su contenido aconseje publicarlos en varios números sucesivos o en forma de separata del Boletín

EDITORIAL

Una de las peculiaridades de nuestra Asociación, fijada en sus Estatutos, es que los miembros asociados puedan pagar la cuota que quieran y en la fecha que deseen. Esta singularidad económica hace que no conozcamos con exactitud el número de personas o entidades realmente interesadas en recibir el Boletín Informativo y el resto de las, todavía escasas, publicaciones.

Es posible que, aún con nuestra mejor voluntad, estemos importunando con el envío de "Analema" a personas que no estén en absoluto interesadas en la Gnomónica, como nos han comunicado alguno de nuestros "asociados" que no son lectores habituales del Boletín, abrumados sin duda por las cataratas de información vertidas incansablemente por los medios de comunicación, que sobrepasan ampliamente y en todos los sentidos la capacidad de absorción de cualquier individuo de la especie humana.

Y esto sin contar con el nuevo D.U.I (Diluvio Universal Informático) de Internet y de todas las redes informáticas y de las múltiples dobles w. que en un futuro, que ya es actual, nos ayudan-amenazan:

Por el contrario, también es muy posible que inadvertidamente, o por insertar direcciones postales mal transcritas, hayamos dejado de enviar el Boletín a personas realmente interesadas en estos temas, a las que pedimos disculpas y rogamos que nos comuniquen este hecho.(aunque sean socios con escasa o ninguna afición al paganismo (económico, no religioso)

Deseamos corregir estos defectos de organización y comunicamos a nuestros inteligentes, aunque algo perezosos, lectores que en el próximo número incluiremos un cuestionario selectivo, en el que se pedirá que nos indiquen si desean seguir recibiendo "Analema", si realmente están interesados en los fines de nuestra Asociación, si se consideran socios de la misma y si es necesario completar o rectificar sus direcciones postales. Y también pidiendo juicios y sugerencias sobre el contenido, presentación y periodicidad de este Boletín, y sobre el conjunto de la Asociación.

Y finalmente, aún corriendo el riesgo de parecer excesivamente insistentes, o pesados, volvemos una vez más a recabar la colaboración de nuestros lectores, sean o no asociados, con sus comentarios más o menos corrosivos; críticas aunque sean destructivas; sugerencias, sarcasmos, artículos, sobre temas relacionados, aunque sea vagamente, con la gnomónica; tratados, libros, fotografías, artefactos y noticias relacionadas con Relojes Solares, o instrumentos análogos. Hacemos notar que en este mismo Boletín se insertan dos artículos, que estimamos muy interesantes, de colaboradores extranjeros. Ambos son miembros de nuestra Asociación de Amigos de los Relojes de Sol, que no distingue entre sus asociados nacionalidades, ni idiomas, sino solamente la condición de ser realmente amigos de los relojes solares, y recíprocamente amigos entre sí, como los números pitagóricos.

A B S T R A C T S

3 FRANCESCO DA BUTI AND TIME MEASUREMENT

M. Arnaldi is a distinguished gnomonist of Ravenna (Italy). He has published some books on gnomonics and many articles about medieval sundials, also he has found very important information sources in the classical Italian literature. By now he exposes an innovative thesis about the medieval reckoning of time, through an exhaustive study of Dante Alighieri commentators, specially Francesco da Buti.

8 CLOUDS STOP SUNDIALS

In this article L. García de Pedraza, a well seasoned meteorologist doubled as gnomonist, analyses one of the reasons why sundials do not show the hour: A cloudy day, evidently!

In Spain there is a great difference between the daily sunshine average. By instance: in Almería there are about 3397 hours every year, but only 1640. at Vitoria. Strangely there are much more sundials in the North area of Spain than in the South "Provincias." But, Mr Pedraza says: clouds pouring or Sun shining nobody cares of consulting sundials for getting Solar Time. Dials were (and are) constructed mainly as a matter of prestige (from the Roman times to to-day, we think)

11 THE SOLAR CANNON OF PARIS- ROYAL-PALACE

At Paris, in the gardens of Palais-Royal a cannon sundial was installed in the year of 1786. Mr. Louis Marquet wrote in 1979 an article describing the interesting vicissitudes of such solar device, whose aim was peaceful: that the Parisians could set their watches at noon by the detonation of the little canon. (In France until March 15, 1891 the hour was adjusted by the Meridian of Paris). It was reinstalled and reset with great pomp in 1975, by The Prefect of Paris and other Authorities.

But, alas, Mlle. Nicole Marquet, daughter of Mr. Louis Marquet, gives us a lamentable new: The cannon has been stolen some months ago, so ending the last solar cannon performance "in the World".

13 THE ^ ASR CURVE AND OBLIQUITY ARCH IN AN ARABIC ASTROLABE

In the Arabic astrolabes, and also in some dials, we can find a special line used to determinate the praying hour "âsr", one of the five praying times of the day. J.M. Ponce de León studies carefully an astrolabe of Ibrahim Muhamed al-Balawi (1686) and finds that this curve is erroneously designed, but nevertheless the âsr hour can be easily found, because the instrument is provided with a double system of alidada and redundant scales. A safety-device for the pious and true believer of Allah?

16 GNOMONICS IN THE "HISTOIRE DES MATHEMATIQUES" DE MONTUCLA

Montucla was born at Lyon in 1725. He was appointed member de L'Academie Française and also a collaborator and friend of Diderot, D'Alambert, and the others authors of the famous "Encyclopedie Methodique". Himself is the author of the, no so famous but by no way less voluminous, "History of Mathematics" in twelve volumes. (completed by Lalande in 1808.) In this treatise the Chapter XII of Volume IV, deals with gnomonics. Some paragraphs are literally transcribed and discussed by M. Milenio who draws out some interesting deductions

20 A SIMPLE AND QUICK WAY TO KNOW THE TIME

Mrs. Del Fresno retakes the personage of Mme. Bovary (See Analema 20) and explains how her servant-maid could calculate the time, simply by raising a hand and point to the Sun.

21 NEW BOOKS

Mr Rafael Soler Gayá has just published the second edition of his former book "Diseño y Construcción de Relojes de Sol" with the title *Design and Construction of Sun-dials and Moon-dials*. This edition has been consistently revised and improved, in fact it is a new book with a new and impressive look.

Congratulations, Mr Soler, we are waiting for the third edition

22 THE SHORTEST FORMULA TO DECLINING (Dials, of course)

M. Lombardero exposes a "new" formula to calculate declining sundials, derived from old geometric constructions, mainly set by Clavius. He apologises to the reader (if any, he says modestly) for retaking a so trite topic. His modesty is at less laudable, because such formulae are really worthwhile of publication. o

Nos complace publicar este artículo, colaboración del distinguido gnomonista italiano Mario Arnaldi, en el que se expone el un interesante estudio sobre el cómputo del tiempo en La Edad Media basado en la figura de Francesco de Buti., que puede aclarar importantes cuestiones respecto al diseño de algunos relojes solares medievales denominados "canónicos"

M.M.V

FRANCESCO DI BARTOLO DE BUTI Y LA MEDIDA DEL TIEMPO

MARIO ARNALDI

Traducción de M.M. Valdés

Muchos autores contemporáneos de Dante Alighieri han comentado la obra cumbre de este maestro de la poesía: la Divina Comedia. Sin embargo, en su laudable intento, no todos alcanzaron la perfección que logró Francesco di Bartolo de Buti. Giovanni Boccaccio no pasa de la primera parte del poema: que sólo contiene los diecisiete cantos del Infierno. Otros, como los propios hijos del poeta, Pietro y Jacopo Alighieri, o Benvenuto Rambaldi de Imola no alcanzan la altura del trabajo de Buti, que escribe un óptimo *Commento* en lengua vulgar.



FIGURA 1 RETRATO DE FRANCESCO DA BUTI

Francesco de Buti (fig. 1) nació, como su nombre indica, en Buti en la provincia de Pisa en el año de 1324 y realizó sus estudios en la Universidad de Pisa. Estudios que le valieron la ciudadanía en aquella ciudad. Tal fue su fama de literato y hombre docto en muchas disciplinas del saber humano, que, antes de cumplir los veinticuatro años, fue elegido senador del Consejo Secreto de la República, en la que en seguida ocupó los cargos de magistrado, canciller y notario. Llegó a doctor en la Universidad donde estudió de joven,

y en su cátedra de Gramática pudo transmitir todo sus conocimientos y grandes cualidades.

Terminó de pergueñar su *Commento* a la Divina Comedia en junio del 1385, pero sólo doce años más tarde culminó su obra. Murió el 25 de julio del año 1406, y su cuerpo fue sepultado en el claustro del convento de los franciscanos de Pisa, donde era terciario. Su *Commento* sobre Dante, si bien fue conocido por los estudiosos, sólo fue publicado cinco siglos más tarde. Y no obtuvo el aprecio que merecía. Pero, para los que nos interesamos por la gnomónica y la historia del tiempo, su obra contiene extremos muy interesantes.

Concretamente quiero destacar el trozo que se refiere al comentario del primer terceto del canto decimoquinto del Purgatorio.

Dante Alighieri, a lo largo de su viaje poético por los tres lugares ultraterrenos, Infierno, Purgatorio y Paraíso, aclara muchas veces al lector la localización del momento con expresiones que se refieren al sistema horario de la época, y no es difícil encontrar la explicación de los diversos sucesos, aunque se trate de un libro escolástico. De Buti propone generalmente su interpretación, pero en el terceto del canto decimoquinto del Purgatorio se lanza a una explicación más profunda, suministrándonos así un precioso fragmento de los conocimientos astronómicos de la época.

Estos son los versos escritos por Alighieri:

*Quanto tra l'ultimar de l'ora terza
e 'l principio del dì par de la spera
che sempre a guisa di fanciullo scherza,
tanto pareà già inver la sera
essere al sol del suo corso rimaso:
vespero là, e qui mezza notte era.*

Esto quiere decir que en el Purgatorio, en el momento al que se refiere el autor del poema, el Sol se encontraba, en la esfera celeste, a la misma distancia del ocaso que la que separa el alba de la

estamos en el centro de la esfera, y la "Tercia" en tal lugar que la línea diametral, que es nuestro horizonte debe ser 6 y 24, de forma que cuando el sol está en la línea 6 comienza a ser de día.

Otras indicaciones que parecen confirmar las palabras de nuestro comentador se encuentran dispersas en varios textos del pasado. En las *Constitutiones Monachorum Silvestrinorum ordinis Sancti Benedicti*, del 1688, leemos:

"A la hora debida (que podrá ser dos horas después de la salida del sol) se canta Tercia. Después de la misa conventual..., se dice "sesta", y después de la comida, Nona."

Sabemos con certeza que la Nona se recitaba al mediodía,⁵ por tanto es fácil intuir que el rezo de la sexta fue anticipada, como dice el texto antes leído, entre la terza (rezada a la segunda hora del día) y la Nona (a la sexta hora del día), es decir al fin de la cuarta hora. Sabemos, por otro lado, que la hora de la comida se situaba frecuentemente después de la misa, entre la "Sesta" y la Nona; y muchas indicaciones sobre la hora de la comida, contenidas en los textos antiguos, nos llevan a considerar la hora quinta como la más adecuada para este fin. Boccaccio escribe así en un cuento del *Decameron*:

"Siendo ya pasada la quinta hora del día, y habiendo entrado más de una media milla desde el pinar, no acordándose de comer ni de ninguna otra cosa..."⁶

En el cuento de los dos embajadores así escribe Sacchetti:

"Y cabalgando absortos, llegaron a "Tercia" a la posada donde debían comer, y pensando y volviendo a pensar, cuando iban a sentarse a la mesa, jamás se pudieron acordar".

El cuento décimo de la sexta jornada del *Decameron* muestra dos veces los mismos indicios. La primera en la introducción, donde el narrador de turno dice a los otros comensales:

"No os será pesada (la historia) porque, aunque me alargue al hablar para decir la historia completa, pues mirad al Sol, que aún está en medio del cielo". El Sol está

"aún en medio del cielo", porque todavía es el mediodía o sea la Nona.

El cuento que el narrador comienza a relatar es el décimo, por lo tanto nueve personas han hablado antes de ese momento; por eso es evidente que los comensales, se han sentado a la mesa por lo menos dos horas antes, o sea entre la cuarta y la quinta hora del día.

El segundo indicio se encuentra en el mismo cuento. Fray Cipolla antes de la misa del domingo por la mañana, habla a los fieles de la parroquia, y dice:

"Y por esto con la bendición de Dios, cuando oigáis sonar la campana, después de la Nona, venid aquí.. Los hombres y las mujeres que se encontraban en la iglesia, al oír que debían ver la pluma del arcángel Gabriel después de la Nona, una vez oída la misa, se fueron a sus casas... Fray Cipolla, después de haber comido bien y dormido un poco, se levantó un poco después de la Nona.."

Aquí está claro, la misa de "Sesta" se dice por el fraile mucho antes de que sea la Nona, o sea mediodía; por tanto tienen tiempo de comer abundantemente y hacer un buen sueño..

También el hijo de Dante Alighieri, Pietro, parece ilustrar, en un pasaje de *Commentarium*, un sistema de división temporal parecido al descrito por Da Buti. Estas son sus palabras al comentar el terceto del purgatorio:

"Ita procedendo devenit ad illam partem diei, quam dicimus Vesperum, quae est juxta sero per duas horas et tertiam partem alterius, sicut illa pars, quam dicimus Tertiam, est juxta mane per duas horas et tertiam partem alterius".⁷

Además aparte del trozo de Francesco de Buti, no tenemos hasta ahora, otro documento que explique con mas claridad la división duodecimal del día natural completo⁸.

⁷ Trad. "Y procediendo así llegó a aquella parte del día, que llamamos Vesperas, que está separada de la tarde por dos horas y un tercio de hora, igual que esta parte que llamamos Tercia, está separada de la mañana por dos horas y un tercio de hora

⁵ Ver el artículo de la nota nº 3

⁶ Giovanni Boccaccio: *DECAMERON*, jornada V, cuento. VIII.

⁸ El día "natural" se dividía en el medioevo en 24 horas, y comprendía tanto el arco diurno, como el nocturno. Por el contrario, los antiguos romanos llamaban "natural" sólo al día

hora tercia; era como el mismo Dante dice y como él mismo explica en el Convivio la hora de vísperas.¹ Por el contrario en Italia, donde Alighieri escribe los versos del canto decimoquinto era en aquel preciso momento la medianoche. Esto porque en la visión antigua y dantesca, el Monte del Purgatorio se halla en las antípodas de Jerusalén o sea a 180° de la esfera, y Roma que dista 45° de Jerusalén, se encontraba exactamente a 135° del sol es decir en plena medianoche. (fig. 2).

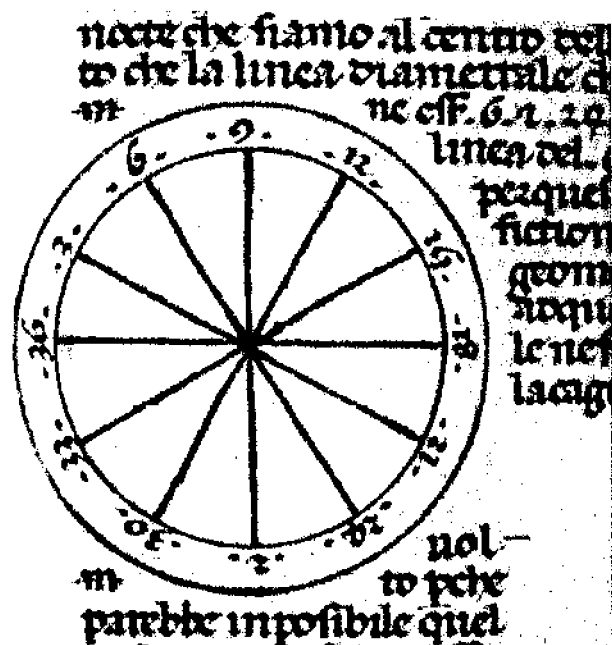


FIGURA 1 DIBUJO DE LA DIVISIÓN DE LOS DOS HEMISFERIOS.

Florenzia: Biblioteca Medicea Laurenziana. Ms.Conv Soppr.204,c

133,

Con el permiso de l Ministero per il Beni Culturali e Ambientali.

No se permite su ulterior reproducción por ningún medio

Francesco di Bartolo, no contento con esto, añade una explicación del cómputo horario eclesiástico formulado sobre bases distintas de las que nos ofrece Alighieri en su Convivio. Así se expresa Francesco da Buti en su comentario sobre el trozo citado:

"En estos cinco tercetos nuestro autor describe, y pone de relieve los detalles que le conciernen: Quanto; esto es espacio, tra l'ultimar; o sea después de acabar, dell'ora terza; que el Sol ha subido

desde el horizonte hasta el punto que se dice Terza (Tercia), porque es la tercera parte del espacio que desde el horizonte termina en el más alto lugar al que el sol sube, que es el mediodía."

Aquí se define una extraña - y, a mi parecer, discutible - etimología de la función de "Terza". En pocas palabras se dice que esta hora se llama así, no porque sea la tercera hora del día, sino porque se trata de la tercera parte del espacio temporal que discurre entre el alba y el mediodía. Esta afirmación es el preludio de una más detallada explicación de la división del día en el tiempo en que vivió el autor. División que Dante afirma varias veces ser cuatripartita, con la eventual adición de las cuatro mitades. De Buti considera, por el contrario, una división tri tripartita para cada una de las mitades del día.² Y así prosigue:

"Y para entender bien esto, es preciso saber que nuestro hemisferio se divide en seis partes iguales, comenzando en el horizonte oriental y terminando en el occidental de forma que subiendo el sol la primera parte hace "Tersa", la segunda "Sesta"; la tercera "Nona" y estamos en la mitad: después comienza a descender y terminada la primera, hace media víspera; la segunda da "Vespro"; y la tercera "Sera"; y se llama "Tersa" porque el hemisferio se divide en seis partes iguales; y de la misma manera el otro; y hacen 12"

Seis horas el día y otras tantas la noche; una división horaria poco habitual pero reconocible en muchos relojes solares medievales. Pero el docto profesor no acaba aquí sino que prosigue:

"las cuales (12 partes) se señalan con números ternarios hasta 36, comenzando por el 3 y después añadiendo 3 a cada uno: llegando a 12 signos que 6 forman el día y 6 la noche, donde la altura del horizonte oriental da 36 a 3 que es un signo que se llama "Tersa"; y a 6, "Sesta", y a 9 hace "Nona", y bajando del nono al XII hace media víspera, y después al XV hace víspera; y después al XVIII, llegado al horizonte hace "Sera".

¹ Que el "vespro" se coloca tres horas antes del ocaso en la hora nona y Dante dice en el Convivio que el rezo de la Vespri llegaba a aquella hora y que a esa hora sonaban las campanas. Cfr. mi artículo en ANALEMA n. 19, 1997. Cfr. Dante Alighieri, CONVIVIO, tratt. IV, XXIII, 14-16.

² Nos estamos refiriendo claramente al día natural, o sea al periodo de tiempo en el que el sol viaja sobre el horizonte. Este arco diurno se dividía por los antiguos en doce horas o espacios temporales.

Y para comprenderlo mejor describiré un hemisferio dividido en 6 partes iguales, tal como aparece en el espacio, y añadiré el otro, para que se vean todas las seis que están en el uno y en el otro, y así se verá la esfera redonda como puesta fuera del espacio" (fig.3)

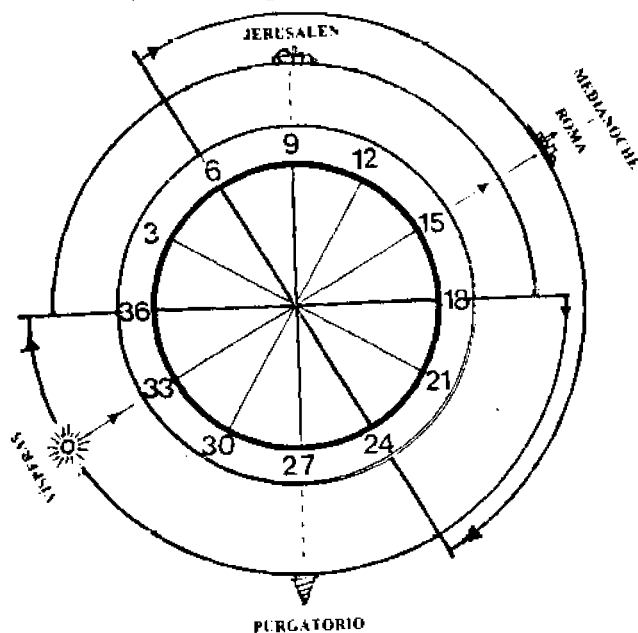


FIGURA 3-CONCORDANCIA DE LAS HORAS EN LOS DOS HEMISFERIOS

El autor no dice más, por ejemplo, no revela cual puede ser el origen de esta división del día. De sus palabras se desprende claramente que se trataba de una división temporal de tipo exclusivamente canónico, que se formó con el transcurso del tiempo, y además uno de los últimos sistemas de medida eclesiásticos antes de la definitiva desaparición del cómputo del tiempo por medio de las horas desiguales³. Sin embargo en otras partes del mismo comentario, Francesco de Buti utiliza las clásicas horas temporales, sobre todo cuando las explicaciones deben ser más científicas (ej. Parad. XXX, 1). Probablemente este sistema se utilizaba todavía simultáneamente al sistema cuaternario o al octaval descrito por Dante.

Quiero recordar otra vez que las horas canónicas no deben, de ninguna manera, confundirse con las temporales o desiguales. La diferencia entre los dos tipos no consiste, como piensan

muchos, en que la Iglesia utilizaba sólo algunas de ellas, sino en la fijeza de las segundas y la movilidad de las primeras. Las horas desiguales, miden el tiempo, mientras que las canónicas indican sólo el momento de la plegaria, según los varios periodos del año litúrgico. Estas últimas, aunque conservan el nombre de la hora temporal a la que hacían referencia, pueden encontrarse en puntos diversos del cuadrante horario, según las diversas "costumbres". Un buen sistema para no confundirse consiste en considerar la expresión verbal. Por ejemplo sabemos que los latinos acompañaban siempre al numeral de la hora (*tertia, sexta, nona* etc.) con el sustantivo "hora". Para indicar el tiempo canónico casi nunca se dice *hora*, sino "*hora de...*" (ej. hora de Terza, o bien hora Tertiae).

Nuestro comentador se alarga en su explicación para aclarar porqué, según la imagen de Dante, cuando en el monte del purgatorio era el crepúsculo, en el hemisferio opuesto, en el meridiano de Roma, fuera medianoche. Y su explicación se articula en un dibujo similar a aquel utilizado por Ponta para ilustrar su reloj dantesco.⁴ Estas son sus palabras:

"Pero dice el autor: *Quanto* espacio hay desde el horizonte oriental, donde está puesto el 36 al último de la "Tersa", donde está puesto 33, tanto habrá de exceso el Sol desde el ocaso en el otro hemisferio, como en el oriente el Sol desde 33, como cuando está al 15 que está a "Vespro"... porque los espacios son iguales en cualquier hemisferio". Después: "*Tanto*; es decir espacio *parea già in ver la sera*; esto es inverso el ocaso, *Esser al Sol del suo corso rimaso*; es decir un sexto".

El comentarista termina con la explicación de la medianoche en Roma.

....Y para comprender esto debemos saber que el autor supone que el Monte del Purgatorio está en el medio del opuesto a Jerusalén; por lo tanto la línea diametral del horizonte que hace 36 es 18, y el Sol está bajo la línea 33 y 15, que hace "Vespro" según esto 33, y por eso 15 al que está en la oposición del Purgatorio; pero nosotros

³ Para el cambio de las horas canónicas sobre la faz del reloj a lo largo del tiempo ver mi artículo precedente RELOJES DE SOL PINTADOS EN EL CLAUSTRO DE UN MONASTERIO ITALIANO, en *Analema*, n.19, 1997.

⁴ Marco Giovanni Ponta, OROLOGIO DANTESCO, Città di Castello, 1892.

Sin embargo si quedan testimonios en numerosos relojes medievales, muchos de los cuales se encuentran en la provincia de Siena. Su división en seis partes iguales revela un hábito poco ortodoxo, y quizás de carácter monástico.

Pero entre los varios testimonios uno parece destacar sobre todos los demás: El reloj solar de la iglesia de Santa María della Strada en Taurisano en la provincia de Bari (fig. 4)

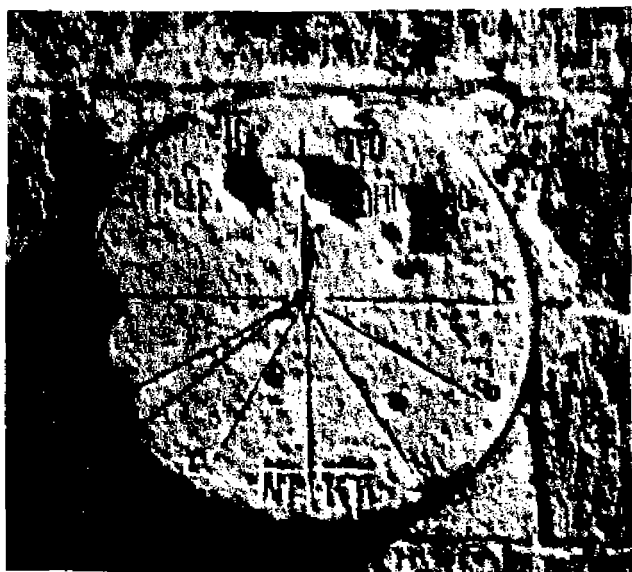


FIGURA 4 RELOJ SOLAR MEDIEVAL.
Santa María della Strada, en Taurisano

Francesco Azzarita ha tratado suficientemente el tema en su comunicación al III seminario de Gnomónica en octubre de 1990.⁹ El reloj de forma redondeada, es sin duda muy bonito e interesante, en parte por su realización y en parte por los epígrafes griegos que ostenta o por las letras de sus líneas horarias.

No se trata de un ejemplar único, ni por su forma ni por que lleve una leyenda ni tampoco porque tenga letras en el extremo de sus líneas horarias,¹⁰ pero el hecho de que hasta el mo-

mento sea el único reloj de sol en Italia con seis divisiones y con las líneas explícitamente denominadas con letras, hacen de él un ejemplar interesante y muy importante para los fines tratados en este caso.

Además de la leyenda que muestra la antigua fórmula bizantina "Iesus Cristos Nika",¹¹ y una segunda en la que se lee "Ai Orati Tes Emeras",¹² encontramos una serie de letras que identifican las seis horas del reloj. Así podemos leer a la izquierda sobre la primera línea la letra griega "II" y después yendo hacia la derecha las letras "T", "C", "N", "B", "K".

Como hizo notar Azzarita son las iniciales griegas de las rezos canónicos de la Iglesia Latina que en la época del reloj de Taurisano estaban suplantando en Puglia, el rito greco-bizantino.

Tenemos, pues en la primera línea la "Prima", en la segunda la "Tertia", en la tercera la "Sexta", en la quinta la "Nona", en la sexta la "Vespera" y en la última las "Completae". La línea meridiana no lleva ninguna distinción.

Si excluimos la letra "N" sobre la quinta línea, y la anteponeamos a la quinta línea colocándola sobre la línea meridiana, tendremos la exacta posición de las partes del día propuestas por De Buti en su *Commentario* sobre la obra de Dante. Es decir que si creemos a Alighieri (y no se puede dudar de esto) estas letras indican exactamente los instantes en que sonaban las campanas para llamar a las oraciones correspondientes a cada hora.

Y no puede haber confusión alguna sobre la indicación del comienzo o el final de la hora misma, porque tanto el egregio poeta, como todos o casi todos los otros escritores medievales y antiguos, desde Beda a San Isidoro, desde Mauro Rabano a Hermann Contractus, confirman, o dejan entender la línea horaria como final de la hora, nunca como comienzo de esta..

□

luminoso, y "civil" a la suma del día "natural" y de la noche. Cfr. Censorino, *DE DIES NATALIS LIBER*, cap. 23. Ver también Macrobio y Pietro Viola.

⁹ Francesco Azzarita, *QUADRANTI SOLARI CANONICI MEDIEVALI E BIZANTINI IN PUGLIA*, in "Atti del III Seminario di Gnomonica", Feltre, 1990.

¹⁰ Ciertamente por la lengua usada que lo convierte en un *unicum* in Italia.

¹¹ Trad. Jesucristi Vence I (IC XC NI KA).

¹² Trad. Las horas del día.

En "Analema" aparecen frecuentemente artículos en los que se trata del Sol, de sus movimientos y velocidad aparente y de su posición relativa con respecto a la Tierra, fundamento de los relojes solares. (La mayor parte de los gnomonistas somos pre-copernicanos: es el Sol el que se mueve alrededor de la Tierra, como es evidente.) En este artículo del eminente meteorólogo Lorenzo García de Pedraza se exponen las circunstancias en las que los relojes solares se "paran": ¡ Cuando las nubes ocultan al Sol, claro está! M.L.

LAS NUBES PARAN AL RELOJ DE SOL

LORENZO GARCIA DE PEDRAZA

Expondremos, desde un punto de vista meteorológico, el obstáculo que representan las nubes para la buena marcha de un reloj solar. Cuando ocultan al Sol durante el periodo diurno -entre el orto y el ocaso- actúan como una especie de toldo que deja fuera de servicio ocasional a los relojes de sol, aunque estos se "ponen en hora" automáticamente al reaparecer el Sol.

De acuerdo con este preámbulo vamos a definir la nubosidad y la insolación, o asoleamiento.

NUBOSIDAD:

Es la fracción de la bóveda celeste cubierta por las nubes.. Considerando el cielo como un hemisferio, las nubes que se observan a horas prefijadas : 6^h, 12^h, 18^h (TMG) se expresan en octavos del cielo cubierto. Aunque pudiera parecer una estimación poco exacta, el resultado es satisfactorio: así, por ejemplo, 1/8 sería un cielo casi despejado, 5/8 sería nuboso. 7/8 casi cubierto. Con este sistema es posible determinar la nubosidad diaria, mensual, o anual en cada observatorio, y obtener los valores promedios de un largo período de tiempo.

INSOLACIÓN

Es el tiempo que el Sol permanece sobre el horizonte sin ningún obstáculo de nubes interpuestas.

Se mide con el heliógrafo de Campbell-Stokes, que consiste en una esfera de vidrio que actúa como una lente convergente en cualquier dirección que incidan los rayos solares, que se concentran en su foco sobre una banda de cartulina concéntrica con la esfera y colocada en un soporte adecuado, (Fig. 1)

Las bandas del heliógrafo llevan una serie de trazos que representan horas. Cuando el sol brilla, su imagen focal quema la cartulina, cuando lo oscurece una nube se interrumpe el quemado. (Fig 2) La banda-testigo se cambia diariamente al anochecer, después de la puesta del Sol. Los días despejados aparece en la cartulina un surco continuo, que no es efectivo cuando el Sol está muy bajo (ortos y ocasos). Vemos que el heliógrafo puede ser considerado como un reloj de sol meteorológico, con marcas de registro.

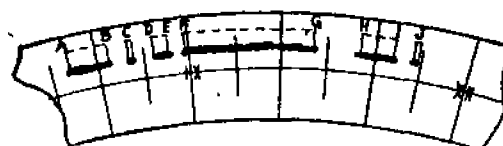


Figura 2. En este fragmento de banda se indica como se computan y suman los intervalos de sol despejados, a saber: AB + C + DE + FG + HI + J = 2 horas y 30 minutos

Para obtener los valores medios de largas series de datos de insolación (I) y nubosidad (N) referidas a un largo período se utilizan las fórmulas:

$$N = (100 - I) \cdot 8/100 \quad I = 100 \cdot (1 - N/8)$$

N = Nubosidad, en octavos

I = Insolación relativa, en %, es decir la relación entre el número de horas de insolación absoluta que indique el heliógrafo y el número de horas que haya permanecido sobre el horizonte (según las tablas astronómicas)

LAS NUBES

Según el tipo de "tiempo" atmosférico las nubes pueden ser de carácter local o de carácter viajero.

— Los frentes nubosos de las borrascas tienen gran extensión y suelen originar cielos cubiertos y régimen de lluvias que, con pequeños intervalos despejados tienen una duración de dos o tres días, especialmente en la mitad septentrional de la

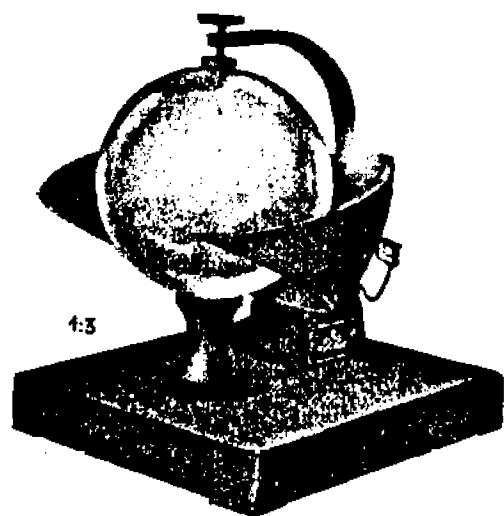


Figura 1. Heliógrafo de Campbell

Península Ibérica, y se prosiguen en Otoño e Invierno, manteniendo fuera de servicio a los relojes de sol.

— Las nubes locales de gran desarrollo vertical, los potentes cumulonimbos, ocasionan tormentas y torrenciales aguaceros. Se presentan, especialmente por la tarde, en los sistemas montañosos del interior. Por supuesto, anulan a los relojes de sol.

— El embolsamiento de aire frío en la alta troposfera —la mal llamada "gota fría"— cuando gravita sobre aire húmedo y cálido determina una marcada inestabilidad, con torres de nubes de acusado desarrollo vertical y grandes diluvios. Son típicas de las zonas costeras del Mediterráneo y evidentemente anulan las señales horarias del reloj solar.

NIEBLAS

Las nieblas, como nubes a ras del suelo son un impedimento total para la "marcha" del reloj solar, y asimismo las "calimas" con gran enturbiamiento de polvo atmosférico de color amarillento, muy distinto del tono gris de la niebla

En la tabla que se inserta adjunta al final de este artículo se expresan los valores medios anuales de una serie de observatorios españoles (período 1931 a 1990)

En el mapa de la Fig. 3 se representa el promedio anual de la insolación directa, en horas.

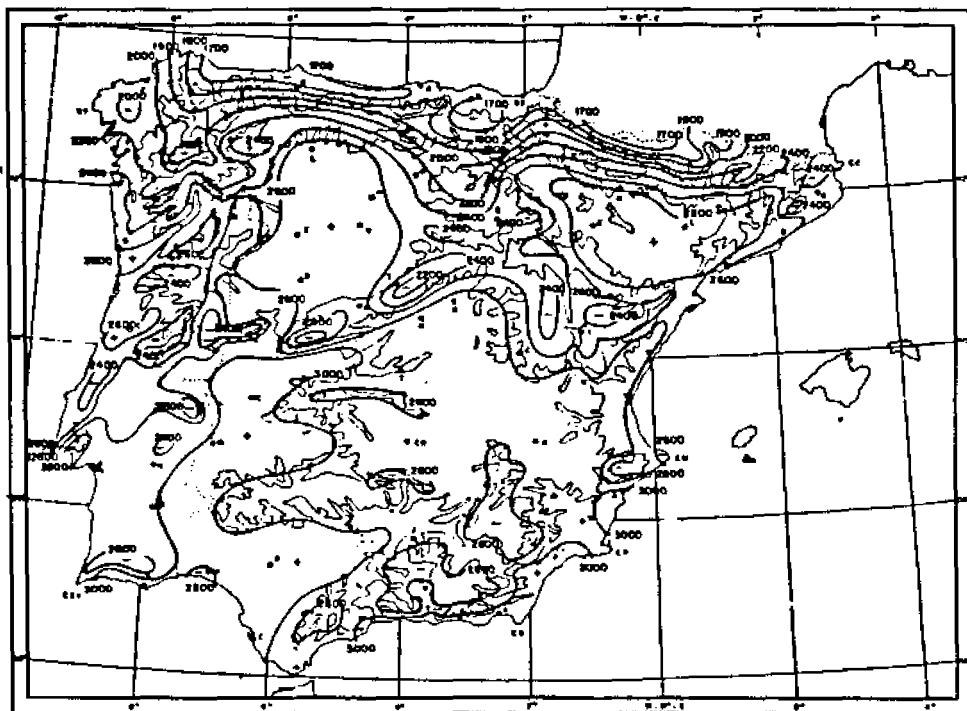


Fig. 3. Duración media anual de la insolación directa

Con relación a la influencia de los factores climáticos anteriormente mencionados en la disponibilidad real de determinar la hora solar por medio de un reloj de sol, cabe hacer las siguientes consideraciones

Si admitimos que el año medio tiene una duración de 8766 horas, y que la mitad de estas horas luce el sol, lo que no es rigurosamente cierto, tendríamos unas 4383 horas anuales en las cuales podríamos ver la hora en nuestros relojes de Sol-

Pero en la ya mencionada tabla que figura al final de este artículo vemos que la máxima insolación anual, dentro de la Península, se verifica en Almería, con una duración de 3052 horas anuales, lo que representa $3052/4383$, o sea un 69,6 % de posibilidad de leer la hora.

Por el contrario, en Vitoria, con 1640 horas de insolación, baja a un 37,4 %, o sea que de cada tres veces que los Vitorianos miren al reloj solar, solamente en una verá la sombra del gnomon

Aunque realmente ni los Almerienses ni los Vitorianos tienen el menor interés en averiguar la hora solar, aunque llueva o brille el Sol

Si se examina con detenimiento la tabla indicada se verá con sorpresa que aparentemente no guardan ninguna relación el número de horas en las que brilla el Sol con la existencia local de relojes solares, ya que en las regiones con menos sol: Cantabria,

Galicia, el País Vasco, Navarra, existe un número mucho mayor de relojes solares que en la soleada Andalucía o en las Islas Afortunadas.

Sería interesante efectuar un estudio sobre las circunstancias históricas, culturales y políticas que han originado la aparente contradicción de que se construyan mayor número de relojes de sol donde hay menos días soleados, contradicción que también se extiende a otros países de nuestro entorno geográfico especialmente a partir del siglo XVIII, época floreciente de la gnomónica, en la que se trazaron y construyeron la inmensa mayoría de los relojes solares que aún persisten en los edificios y museos.

TABLA 1

C = Días cubiertos
D = Días despejados
n = Días de niebla
I = Horas de sol

La diferencia
 $365 - (C+D) =$
a días nubosos

RESUMEN CLIMÁTICO ANUAL DE DIAS CUBIERTOS, DESPEJADOS, NIEBLA Y HORAS DE SOL LOS OBSERVATORIOS METEOROLÓGICOS DE ESPAÑA (PERÍODO 1931-1990)

<u>GALICIA</u>					<u>CENTRO</u>				
	<u>C.</u>	<u>D.</u>	<u>n.</u>	<u>I.</u>		<u>C.</u>	<u>D.</u>	<u>n.</u>	<u>I.</u>
La Coruña	140	46	42	2045	Madrid-Barajas	83	95	18	2864
Orense	156	53	51	1785	Toledo	65	104	41	2894
Lugo	146	56	48	1876	Ciudad Real	55	118	28	2784
Pontevedra	112	82	18	2035	Cuenca	81	87	14	2705
Santiago	146	58	45	2154	Albacete	83	86	28	2789
<u>CANTÁBRICO</u>					Guadalajara	56	108	14	2829
Gijón	165	38	63	1706	Molina de Aragón	116	65	23	2463
Oviedo	158	67	55	1740	<u>LEVANTE</u>				
Santander	163	42	45	1761	Castellón	49	79	8	2756
Bilbao	167	40	14	1659	Valencia	65	81	16	2630
San Sebastián	162	36	58	1861	Alicante	55	98	5	2975
<u>CUENCA DEL DUERO</u>					Murcia	51	106	8	2896
León	95	78	26	2730	<u>ANDALUCÍA</u>				
Zamora	56	87	28	2710	Sevilla-Tablada	64	123	38	2893
Palencia	91	82	31	2580	Córdoba	69	144	29	2865
Burgos-Villafra	132	45	36	2310	Jaén	35	122	4	2795
Valladolid-Villanubla	112	48	45	2670	Huelva	57	115	8	2818
Salamanca-Matacán	92	71	39	2712	Cádiz-S. Fernando	58	117	15	3032
Soria104	83	14	2551		Granada-Armilla	79	120	18	2831
Segovia	106	72	10	2471	Málaga-Rompedizo	57	109	19	3023
Ávila	74	79	21	2759	Almería	38	122	11	3052
<u>CUENCA DEL EBRO</u>					Tarifa	98	55	9	2773
Pamplona	117	54	42	2147	<u>PLAZAS DEL NORTE DE AFRICA</u>				
Vitoria	165	42	51	1640	Ceuta	71	83	48	2606
Logroño-Agoncillo	112	68	31	2248	Melilla	55	92	19	2618
Huesca-Monflorite	79	96	24	2703	<u>BALEARES</u>				
Zaragoza	76	88	32	2724	Palma de Mallorca	54	86	16	2803
Teruel	66	103	40	2513	Mahón	78	57	9	2533
<u>CATALUÑA</u>					Ibiza-Es Codolá	46	90	5	2884
Gerona	87	75	49	2445	<u>CANARIAS</u>				
Barcelona	71	82	21	2447	Izaña-Tenerife	43	197	78	3397
Tarragona	57	69	7	2616	Los Rodeos-Tenerife	41	123	86	2216
Tortosa	52	106	26	2624	Gando-Gran Canaria	47	58	1	2678
Lérida	72	98	58	2681	Arrecife-Lanzarote	62	49	3	2115
<u>EXTREMADURA</u>									
Cáceres	62	146	25	2876					
Badajoz	75	126	28	2940					

BIBLIOGRAFÍA

- FONT TULLOT I. *Clima de España y Portugal*. Servicio Meteorológico Nacional. MADRID 1982
- GARCÍA DE PEDRAZA L. *Tiempo y Clima en España. Meteorología de las Autonomías*. Dossat 2000 MADRID 1993
- GARCÍA DE PEDRAZA et al. *Diez temas sobre el Clima*. Mº de Agricultura Pesca y Alimentación. MAPA. 1990
- JANSA GUARDIOLA J. *Manual del observador de Meteorología*. Servicio Meteorológico Nacional. MADRID 1990

El eminente gnomonista Louis Marquet publicó, en 1979, un interesante artículo sobre el famoso reloj de cañón, o cañón solar, que se instaló en el Jardín del Palais Royal de París. Debemos agradecer la posibilidad de su publicación a su hija, Mlle. Nicole Marquet, asidua colaboradora de este Boletín, que ha gestionado las oportunas autorizaciones de la revista "L'Astronomie"

EL CAÑÓN SOLAR DEL PALAIS-ROYAL de PARIS

LOUIS MARQUET

Dans ce jardin tout se rencontre
Excepté l'ombrage des fleurs;
Si l'on y dérègle ses mœurs,
Du moins l'on y règle sa montre¹

Así expresaba el abate Delille en 1786 su opinión sobre los jardines del Palais-Royal donde un artesano llamado Rousseau acababa de instalar un instrumento meridiano; un pequeño cañón provisto de una lupa dispuesta de tal manera que el paso del Sol por el meridiano provocaba su detonación, si previamente se había cargado la recámara., como es natural. De esta manera los parisinos podían poner en hora sus relojes, entre mayo y octubre, cuando hacía sol (fig.- 1).

Durante la Revolución, el cañón solar encontró protección en la ventana de un café del Palais-Royal, hasta que en 1799 recobró su lugar sobre la columna que aún hoy le sirve de soporte, escondido detrás de una estatua y en el eje longitudinal del jardín.

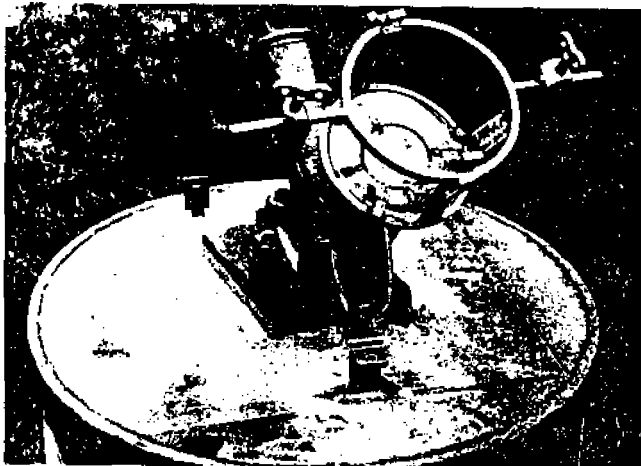


Fig. 186. — Le canon solaire du Palais-Royal.

Hacemos notar: que este eje no está dirigido en la dirección N.-S. y que el cañón no se encuentra exactamente en el meridiano conocido como "el meridiano de París", el del Observatorio, que en realidad pasa a unos sesenta metros más al oeste, es decir 3 segundos de grado en la latitud de París.:

El Sol llega, por tanto, $\frac{1}{3}$ de segundo de tiempo antes al meridiano del cañón que al de París. Pero como la velocidad del sonido es casi igual a la "marcha" del Sol en esa latitud, las personas situadas al oeste del cañón, en dirección al Arco del Triunfo de l'Etoile, al oír la detonación, regulaban su reloj con el meridiano verdadero del lugar donde se encontraban.

El cañón solar del Palais-Royal ha rendido un buen servicio durante más de un siglo. Testigo de numerosos acontecimientos, ha visto pasar muchos hombres y mujeres ilustres. Si pudiese hablar nos contaría qué orgulloso se puso el día que supo qué, por la ley de 15 de marzo de 1891, su hora se generalizaba a toda Francia, desde Brest a Estrasburgo, mientras que hasta entonces se limitaba a una simple línea que iba desde Dunquerque a Perpignan. Pero este orgullo no duró mucho tiempo, y el desgraciado cañón debió callarse en virtud de la ley del 9 de marzo de 1911, que de una manera provisoria (y que aún dura desde hace 67 años:²), imponía a Francia la hora de Greenwich.

Así vemos a nuestro cañón transformado en un monumento histórico y abrigado bajo un cajón de vidrio, "sapo de bronce en su pequeño acuario", como lo llamaría Héron de Villefosse en "Prés et bois parisiens" (París 1942).

En 1974, se encontraba en un estado lamentable: había perdido la caja protectora, no tenía lupa, el cañón, el soporte y la única pata que quedaba del soporte de la lupa estaban muy oxidados³. Apenas se podía leer en el soporte de la lente, el nombre del que, probablemente, hacía muchos años había procedido a su instalación o reparación: "L. LEROUX B^e A PARIS 31 R. RICHELIEU".

Alertada, la Agencia de los Edificios del I^{er} distrito de París se ocupó de su limpieza, de repintarlo y de recubrirlo con un abrigo de plexiglas. Pero no lo hizo hasta 1975, porque en 1974 carecía de disponibilidad económica para esta tarea. Sin embargo a finales de 1974 se podía comprobar que el cañón no estaba ya en su sitio.

¹ En este jardín se encuentra de todo excepto la sombra de las flores si se trastornan las costumbres por lo menos se puede regular el reloj

² Actualmente ha sido sustituida, en Francia, por el decreto n° 78-855 del 9 de agosto de 1978.

³ Ver la fotografía aparecida en "L'Astronomie", febrero 1975, página 57

Afortunadamente no se trataba de un robo, sino de una agradable sorpresa: en efecto el Lions Club de Paris-Palais-Royal, considerando este objeto como un componente importante del jardín del Palais-Royal, ese lugar lleno de historia, había decidido no sólo limpiarlo, sino restaurarlo para que pudiese volver a funcionar. Su reparación se encargó a M. Oger, maestro armero de los talleres Darne, que supo, después de haber buscado una lente adecuada, reconstruir muy hábilmente su apoyo de bronce y su soporte regulable disponiendo también un caja cúbica de plexiglas para proteger el monumento de la intemperie y del robo.

Basta cargar el tubo con unos pocos gramos de pólvora negra para obtener una estruendosa detonación, cuando la imagen del sol llega a través de la lupa al oído del cañón.... O bien cuando se aproxima una mecha encendida a este mismo orificio

Este último procedimiento es mucho mejor para dar la hora legal, porque el procedimiento de hacerlo por el Sol, aunque posible, resulta mucho más complicado pues es preciso regular la lupa ⁴ para tener en cuenta:

- la diferencia entre los meridianos de París y de Greenwich
- la ecuación del tiempo (variable a lo largo del año)
- el avance de la hora legal sobre la hora UTC: una hora desde octubre a abril, dos horas desde abril a octubre.

El nuevo cañón solar fue inaugurado con gran pompa el 14 de mayo de 1975, con la asistencia del presidente del Consejo Constitucional, M. Roger Frey del prefecto de París, del presidente del Consejo de París, M. Finel, Consejero de París, el Prefecto de Policía representando al secretario de Estado de Cultura, el presidente del Lions Club de Paris-Palais-Royal. Y otras autoridades.

A medio día, gracias a la mecha preparada por M. Oger y manejada por M. Roger Frey, el cañón hizo oír su voz tonante para anunciar el comienzo de las fiestas, a las que asistieron numerosas personas, con "majorettes", banda de Bellas Artes y degustación de Beaujolais

Ese día, teniendo en cuenta todas las correcciones, el Sol debía pasar por el meridiano a las 12 horas y 47 minutos (hora legal). Un segundo disparo, este de forma natural, estaba preparado, cuando a las 12 horas y 45

minutos una nube vino a estropear la función....y de nuevo hubo que emplear la mecha !

Ahora, gracias a la generosidad del Lions Club de París, el cañón solar, encendido por la mecha y no por el Sol, retumba una vez por semana, el miércoles a mediodía, cuando no llueve, y si hay pólvora negra, porque esta pólvora ya no es de uso corriente y no es fácil encontrarla en el mercado.

En sus inmediaciones debería ser colocada una placa que recordase su historia.

El cañón solar del Palais-Royal ya no funciona de acuerdo con la misión para la que fue instalado, pero, por lo menos, no está completamente mudo: una vez por semana anima este histórico lugar, para el placer de los paseantes y el espanto de las numerosas palomas del jardín.

NOTA de Mlle. Nicole MarqueT. Mayo 1998

En los años 1990-1992 el Secretario de Estado para la Cultura, cuyas oficinas se encuentran en uno de los edificios que dan al "Jardin du Palais-Royal" disponía de dinero, reservado para hacerlo "tronar" a las doce, "hora del reloj", gracias a un armero, situado en un edificio cercano que suministraba la pólvora.. Pero todo esto se acabó.

Ahora, no solamente el cañón está mudo, sino que no hay nada en su sitio.

Ha sido robado el pasado 16 de Abril

NOTA DEL EDITOR:

Lamentamos profundamente la noticia del robo de este reloj-cañón, el último de los que realmente funcionaban, aunque fuese una vez por semana y encendido por una mecha en lugar del Sol,



⁴ Ver l'Astromie, junio 1978 página 287

Presentamos a continuación un muy interesante artículo referente a la curva que, en los astrolabios árabes, sirve para determinar la hora de la oración de la tarde, o 'asr.. Nos ha sido enviado por nuestro nuevo e ilustrado Asociado José María Ponce de León

M1

CURVA DEL 'ASR Y ARCO DE LA OBLICUIDAD EN UN ASTROLABIO ÁRABE

JOSÉ M^a. PONCE DE LEÓN

En el Institut du Monde Arabe de París se conserva un astrolabio de Ibrahim Ibn Muhammad al-Balawi, construido en 1686 d.C., en cuyo dorso podemos observar (Figura 1) los siguientes elementos:

- En el cuadrante superior derecho, arco de alturas y cuadrante sínico con arcos de senos y cosenos, arco de oblicuidad de la eclíptica y curva del 'asr.
- En el superior izquierdo, arco de alturas, arco de declinaciones y cuadrante de horas desiguales.
- En el inferior izquierdo, arco del 'asr y en el inferior derecho el arco de cotangentes. Estos cuadrantes inferiores comparten un doble cuadrado de sombras.

Nos vamos a referir a la curva del 'asr grabada sobre el cuadrante sínico y vamos a comprobar que el autor de este astrolabio tuvo un descuido al trazarla puesto que debía ser como se representa en la figura 2

Veamos primero qué es la hora del 'asr y cómo se solía definir.

Esta hora era la de la oración de la tarde, una de las que, de acuerdo con el Corán, deben realizar los musulmanes a lo largo del día. Hay disparidad de criterios en cuanto al momento en que empieza el tiempo adecuado para esta oración¹ pero el empleado en este instrumento y el que aplicaba Azarquiel² es que este momento se produce cuando la sombra del gnomon es igual a la sombra meridiana del gnomon más la longitud del mismo.

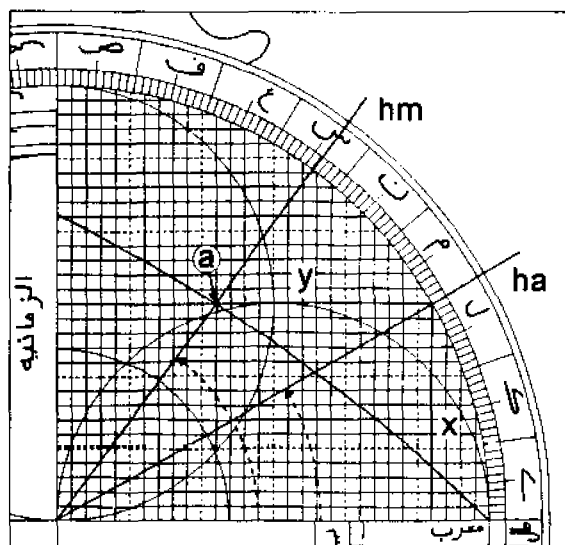


FIGURA 2

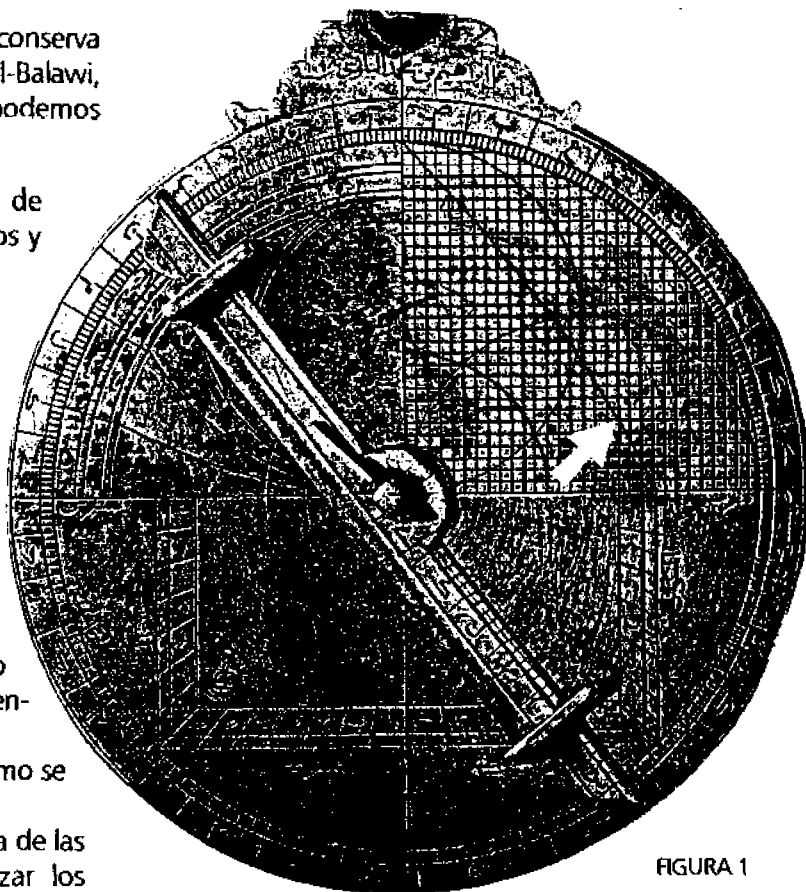


FIGURA 1

Sea g el gnomon (Figura 3), sm la sombra meridiana y $OC = sm + g$ la sombra del 'asr

Tenemos que: $sm = g / \tan hm$

donde hm es la altura meridiana del Sol.

Llamando ha a la altura del Sol al comienzo de la hora del 'asr será

$$\tan ha = g / (sm + g) = g / [(g / \tan hm) + g]$$

y haciendo g igual a la unidad tendremos que

$$\tan ha = \tan hm / (1 + \tan hm) \quad [1],$$

fórmula que nos da la altura del 'asr en función de la altura meridiana.

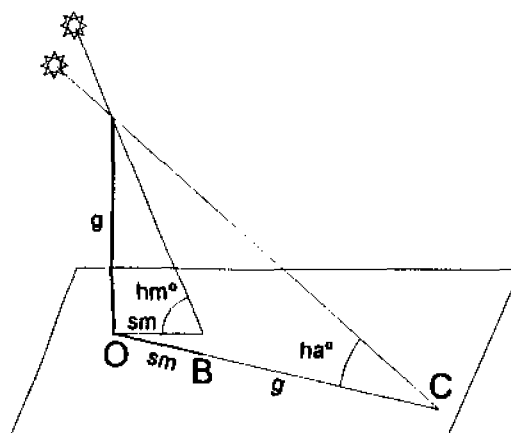


FIGURA 3

En el cuadrante sínico, cada radio se ha dividido en 60 partes y sobre cada uno de estos radios se han trazado líneas perpendiculares a ellos cada dos de dichas divisiones, para no saturar el espacio de líneas. Veamos la forma de obtener, por puntos, la mencionada curva del 'asr de tal forma que al llevar la alidada a la graduación del limbo de alturas correspondiente a la altura meridiana del Sol, el punto de corte de la alidada con la curva nos da sobre el limbo la altura del 'asr, siguiendo la horizontal que pasa por dicho punto.

Sea a el punto (Fig. 2) en que la alidada corta a la curva del 'asr. Siendo x c y la abscisa y ordenada de este punto y midiendo el radio, tal como hemos dicho, 60 unidades tenemos que

$$y = 60 \cdot \sin ha \quad [2]$$

$$x = y / \tg hm \quad [3]$$

Dando valores a hm en [1] de forma que

$$0 < hm < 90$$

y sabiendo que –por definición de la hora del 'asr– para $hm = 0$ es $ha = 0$ y para $hm = 90$ es $ha = 45$, obtendremos valores de y en [2] y de x en [3], que trasladados al cuadrante sínico nos dará la curva dibujada en la mencionada figura, que va desde el extremo del radio horizontal hasta la división 42,42 del radio vertical (por ser $y = 60 \cdot \sin 45 = 42,42$).

Al utilizarla podemos comprobar que los resultados son coincidentes con los que nos facilita el arco del 'asr del tercer cuadrante. En la figura 4 vemos que la alidada está en la graduación del limbo correspondiente a una altura meridiana de 71° y que corta a la curva del 'asr a la altura de los $36,6$ grados.

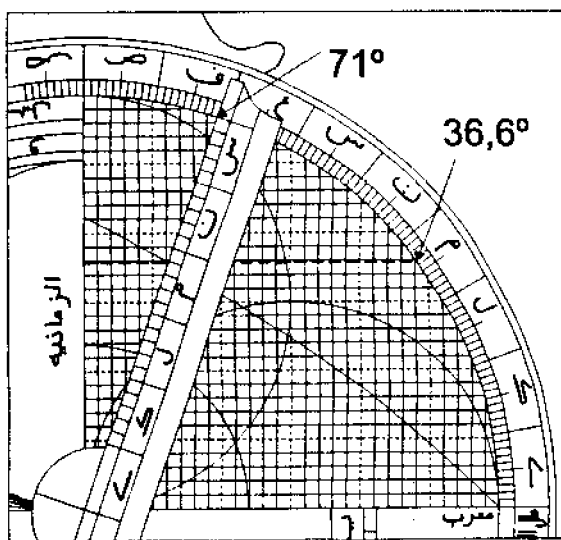


FIGURA 4

En la figura 5 vemos el otro extremo de la alidada que está indicando $36,6$ grados en el arco del 'asr, o sea, que cuando el Sol tenga dicha altura será el tiempo indicado para el comienzo de la oración.

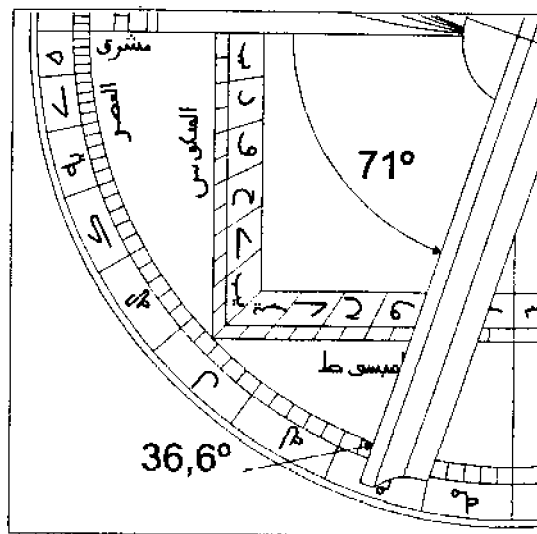


FIGURA 5

En cuanto al siguiente estudio sobre el arco de oblicuidad de la eclíptica, desearía recibir la opinión de los lectores (no es que el resto del este artículo no sea opinable) ya que ni en García Franco (Catálogo Crítico.....) ni en Millás Vallicrosa (Tres instrumentos astronómicos árabes – AL ANDALUS, XII 1), ni en ningún otro artículo sobre estos instrumentos he visto comentario alguno sobre este arco, no sé si por trivial o porque ya era conocido y no merecía la pena de prestarle atención.

No hay en estos aparatos ninguna curva que no tenga su razón de ser, y entiendo que la de la oblicuidad es la siguiente:

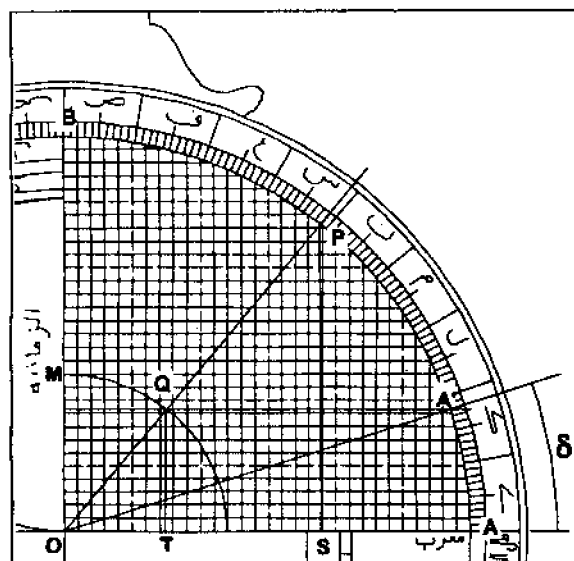


FIGURA 6

En la Figura 6, partiendo de la conocida fórmula $\sin \delta = \sin \omega \cdot \sin \lambda$ donde δ , ω , y λ , son respectivamente la declinación del Sol, la oblicuidad de la eclíptica y la longitud eclíptica del Sol; si consideramos

que $\delta = 23,5^\circ$ y $\lambda = 90^\circ$,
 tenemos $\sin \omega = \sin 23,5 / \sin 90 = 0,3987$
 por lo que $OM/60 = 0,3987$
 (recordemos que el radio del cuadrante es igual a 60 unidades), y de aquí
 $OM = 60 \cdot 0,3987 = 23,92$
 que es el radio con el que se ha trazado dicho arco
 Siendo así tenemos que $\sin \lambda = \sin TOQ = QT / OM$
 y $QT = OM \cdot \sin \lambda = \sin \omega \cdot \sin \lambda$
 por lo que QT es el sen de δ y por lo tanto el arco AA' será la declinación del Sol cuando su longitud eclíptica sea AP ó $(\kappa + .AP)$

No se indica el método práctico de calcular la declinación, conocida la longitud eclíptica, o viceversa, con la ayuda de la alidada, porque el dibujo explica el procedimiento.

Como vemos, hay varias redundancias en este astrolabio. Ya vimos que en el segundo cuadrante hay un arco de declinaciones, en el cuarto cuadrante hay un arco de cotangentes y un cuadrado de sombras con el que también se puede calcular esta función. También es redundante el ábaco de horas desiguales del segundo cuadrante ya que desde el cuadrante sínico se pueden obtener.

Estamos seguros de que esto no se le pasó por alto a su autor. Además de un objeto útil quiso realizar un objeto bello. Y lo consiguió.

J.M. P.

1. Mercè Viladrich. Llibre de l'ús de l'astrolabi d'Ibn al-Samh
 Institut d'Estudis Catalans - Barcelona 1986

2. Roser Puig. Los tratados de construcción y uso de la azafra de Azarquiel.
 Instituto Hispano Árabe de Cultura. Madrid 1987

NOTA DEL EDITOR.

Como es sabido en la escritura árabe no se emplean las vocales, siendo reemplazadas por los signos diacríticos y puntuación que en cierto modo las reemplazan o sustituyen

La transcripción de los nombres árabes a las lenguas occidentales ha seguido diversas pautas en el transcurso del tiempo. Quizás, para nosotros, las transcripciones más castizas sean las que figuran en los libros del Saber de Astronomía de Alfonso X de Castilla, llamado muy justamente Alfonso el Sabio.

Las palabras árabes se escribían en castellano basándose en su pronunciación. Era pues una transcripción fonética,

que ha sido la base de la asimilación del numeroso vocabulario árabe que forma parte de nuestro propio idioma

En los ejemplos que exponemos a continuación puede verse la diversidad de algunos nombres árabes de las cinco horas de oración (azalas), según que la traducción se haya hecho con ortografía de los diversos idiomas europeos, o se intente reproducir las grafías árabe en caracteres latinos.

al-hoar	adhoar	dohr	zuhr	1ª
al-asar	alhazar	al asar	ásr	2ª
al-magreb	almagret	al magrit	magribt	3ª
axxafak	elaaxá	ashah	isha	4ª
asheb	es sebah	shub	subh	5ª

En la siguiente figura (A) se han escrito los nombres de las diversas partes del día, según antiguos autores árabes. Se recuerda que empleaban horas desiguales, y que el cómputo horario comenzaba a la puesta del Sol

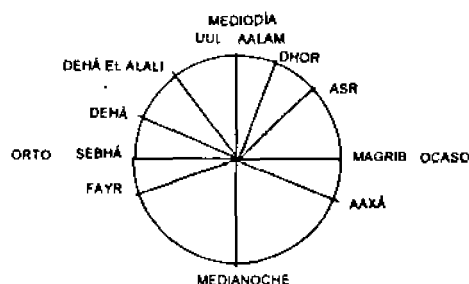


FIGURA A

La primera hora de oración es la del mediodía, sigue la del ásr y se suceden las tres siguientes, siendo la última la del crepúsculo matutino del día siguiente.

Para determinar con facilidad las horas de oración utilizaban un sistema basado en la longitud de la sombra de un gnomon vertical, comparándola con la de la sombra de ese mismo gnomon a medio día. La hora del dohr o zuhr cuando la sombra es de 1 y 1/4 veces la del mediodía. La de Ásr cuando es el doble. Magrib el triple. Isha después del ocaso, y Subh al clarear el Sol, pero aún de noche.

Estas divisiones están reflejadas por medio de líneas especiales en la mayor parte de los astrolabios o cuadrantes árabes, y en algunos relojes solares de las mezquitas.

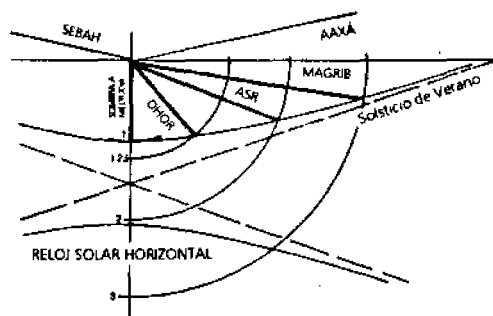


FIGURA B

Horas de oración en el solsticio de verano en un reloj horizontal. Los círculos representan 1,25, 2 y 3 veces la longitud de la sombra a medio día

El extenso tratado de Montucla "Histoire des Mathematiques" fue uno de los primeros estudios sistemáticos de la evolución de los conocimientos matemáticos el transcurso del tiempo, y como tal un precursor de la actual y evolucionada disciplina conocida como Historia de la Ciencia. Como es natural, en ella no podría faltar un capítulo dedicado a la Gnomónica, que era incluida en casi todos los tratados de matemáticas. Creemos interesante reproducir algunas de las opiniones de Montucla sobre este tema

M.L

LA GNOMÓNICA EN LA "HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES" DE MONTUCLA

M. MILENIO

I MONTUCLA

Juan Esteban Montucla nació en Lyon en 1725 y murió en Versalles en 1797. Estudió en el Colegio de Jesuitas de Lyon y se hizo abogado en Toulouse. A los 20 años se trasladó a París, donde ingresó en la Gazette de France. En 1761 obtuvo el cargo de Intendente de Grenoble y en 1764 acompañó a Turgot, a Cayenne. A su regreso fue nombrado Inspector de edificios de la Corona y Censor Real.

Perteneció a la Academia Francesa desde su fundación y trató a gran parte de los personajes que prepararon la famosa "Encyclopedie Méthodique"; D'Alambert, Diderot, Condorcet etc. Vivió una época de grandes cambios, que pasó del "Despotismo Ilustrado" a la Revolución (14 de Julio de 1789, ya que murió en 1797, antes del Consulado).

Escribió un primer trabajo original: "Histoire des Recherches sur la Quadrature du Cercle" (1754), como anticipo a su notable "Histoire des Mathematiques", cuyos primeros volúmenes se publicaron en 1758, obra en la que siguió trabajando el resto de su vida, y fue completada por Lalande en 1808.

En 1778 publicó una nueva edición de las "Récréations Mathématiques" de Ozanam.

Comentaremos únicamente algunas de las referencias a la gnomónica que aparecen en la Parte III, Libro IV, Capítulo XII, a partir de la página 597 de la Edición de 1758.

II CAPITULO XII de HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES

• Como veremos establece una primera y enérgica definición, que no debió ser aceptada fácilmente por los gnomonistas de su época que no cumplían la doble condición de ser "Géometres", e inteligentes:

La Gnomónica, desde el punto de vista de un geómetra inteligente se compone solamente de unos pocos problemas muy sencillos. El principal y casi el único al que puede reducirse es el siguiente:

Tenemos doce planos que se cortan en una recta formando ángulos iguales entre sí. Estos planos, que se prolongan indefinidamente, cortan a otro que se encuentra en una posición cualquiera. Se trata de determinar las líneas de corte del haz de planos con el plano del reloj.

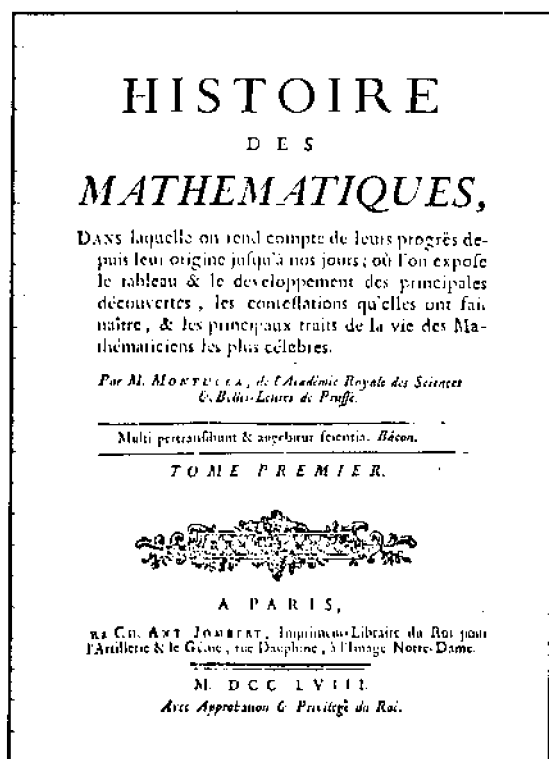
En efecto, si colocamos la intersección común de los doce planos paralela al eje de la Tierra y uno de ellos en el plano meridiano, está claro que representarán los planos de los doce círculos horarios que dividen la revolución del Sol en veinticuatro partes iguales.

..... A medida que el Sol llegue a cada uno de estos círculos horarios, llegará también al plano que está situado adecuadamente y la sombra de su común intersección, que supondremos una línea opaca se proyectará sobre la intersección de ese plano con el del reloj: El desplazamiento de dicha sombra marcará, por consiguiente la llegada del Sol a los círculos horarios., o sea las horas del día

Antes de ir más lejos, debemos considerar que no es necesario que el eje del mundo esté representado por completo por un estilo oblicuo que le sea paralelo. Basta un solo punto de ese eje, representado por el extremo del gnomon.

Una vez comprendido este principio el geómetra dominará la construcción de cualquier clase de relojes de Sol.

• El subrayado es nuestro. Es evidente que el principio enunciado anteriormente es suficiente para el



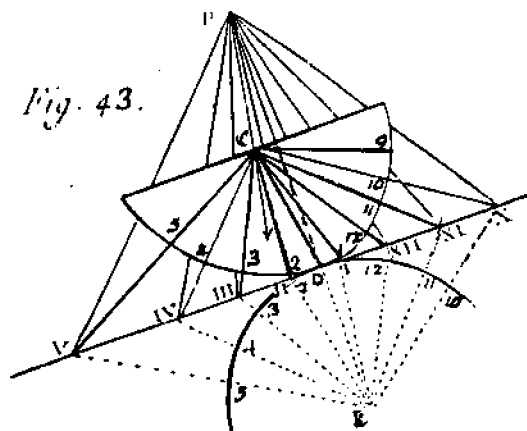
trazado de las líneas horarias de cualquier reloj solar plano. Pero hallar esas líneas de intersección presentan en determinados casos algunas dificultades, por lo que amplía este principio general con algunas aclaraciones:

Si el plano del reloj es paralelo al ecuador o sea perpendicular al eje de la Tierra, es evidente que las líneas horarias formarán entre sí ángulos de 15° .

Este caso es el más sencillo y sirve de base para resolver todos los demás. Veamos de que manera. Imaginemos un plano paralelo al ecuador con las líneas horarias dibujadas y prolongado hasta que corte al plano del reloj. La línea de corte la llamaremos equinoccial.

Prolonguemos a continuación las líneas horarias hasta que corten a esa línea precisamente en puntos de las horas.

Como aclaración puede verse la figura 43. Supongamos ahora un plano a la vez inclinado y declinante que corta al eje del mundo en el punto P; que este eje sea PC y que PCD sea un plano perpendicular al plano propuesto, este plano determinará la línea PD que llamaremos subestilar.



El ángulo CPD es la elevación del Polo sobre el plano del reloj y la línea PXII la meridiana del lugar, o sea la intersección del meridiano del lugar con este plano

Admitamos momentáneamente que todas estas cosas están determinadas mediante operaciones previas. La línea equinoccial será perpendicular a PD y si prolongamos las líneas horarias del círculo equinoccial hasta que corten a esta línea tendremos puntos horarios de ambos relojes.

Si prolongamos la subestilar y tomamos sobre ella DE igual a CD, o al seno de la elevación del Polo sobre el plano, siendo PD el seno total. Las líneas que unen el polo P del reloj de sol con los puntos horarios forman el reloj terminado.

Toda la dificultad estriba pues en determinar: la subestilar, la elevación del Polo sobre el plano del reloj y la meridiana del lugar. Las dos primeras se

pueden encontrar por observación pero es preferible hacerlo por medio de la Trigonometría, después de haber fijado la inclinación y la declinación del plano del reloj y la altura del Polo del lugar.

Entre los numerosos métodos de los que disponen los gnomonistas para resolver este problema damos en una nota el que nos ha parecido más esclarecedor.

- Montucla desarrolla en una nota el método del lugar equivalente, método que todavía siguen explicando los modernos tratados de gnomónica..

Busca un punto de la superficie de la Tierra en el que el plano propuesto sea tangente a la esfera y el reloj que soporta es, por tanto, horizontal.

..... La gnomónica no se limita a trazar las líneas horarias. Los que cultivan esa ciencia han imaginado otras curiosidades muy ingeniosas.

Por ejemplo se señalan las sombras que el extremo del gnomon recorre en la entrada de cada signo del Zodiaco, o en ciertos días determinados. En los tratados de gnomónica se encuentran métodos sencillos para describirlos, aquí voy a indicar otro que también lo es y que está sacado de una geometría más sublime.¹

- El autor recuerda la superficie cónica engendrada por los rayos de luz que tiene como vértice el extremo del gnomon y como base el círculo virtual recorrido por el Sol;

..... La intersección de estas superficies cónicas con el plano de l reloj de sol serán hipérbolas que tienen la meridiana como eje transversal y sus vértices en los puntos A y B obtenidos según la declinación del día. Su centro será el punto C que divide el segmento AB en dos partes iguales. Quiero también recordar que las asíntotas son paralelas a las líneas horarias a las que sale y se pone el Sol los días en que describe ese círculo. Por lo tanto si desde el centro se trazan líneas paralelas a esas horas tendremos dibujadas las asíntotas y conocidos los dos puntos A y B será fácil aplicar cualquier procedimiento geométrico comprendido dentro del tratado de las cónicas.

.....Hasta ahora sólo hemos hablado de los relojes de horas equinociales o astronómicas, como los que ahora usamos. Pero hay países en los que se cuenta de una forma diferente la división del día. En Italia, por ejemplo, el día se divide en 24 partes iguales, la primera comienza al ponerse el Sol y la última termina con el ocaso del día siguiente.

¹ El término "Matemática sublime" equivale a lo que hoy día llamamos "Matemáticas Superiores"

Esta manera de contar las horas hace más difícil la gnomónica de esas regiones. Los relojes de sol de esos países están adaptados a esas horas, igual que a las Babilónicas, que se cuentan desde una salida del Sol hasta la siguiente. Existen métodos bastante fáciles para describir estas horas. Aquí señalaremos solamente la forma de generarlas. Las líneas horarias equinocciales son la intersección del plano del reloj con los círculos que se cortan bajo ángulos iguales en el eje del mundo. Las líneas de las horas itálicas o Babilónicas, son las intersecciones de este plano con 24 círculos máximos que tocan en 24 puntos igualmente distantes a los dos paralelos uno de los cuales limita la parte siempre visible del Cielo y el otro aquella que no se ve nunca.

Además observo una cuestión que, yo creo, nunca ha sido dicha por nadie: todas estas líneas horarias son tangentes a una sección cónica. Es fácil demostrarlo de acuerdo con lo que acabo de decir sobre la forma de generarlas; dejo el placer de hacerlo al lector geómetra..

- Montucla no imaginó, a pesar de ser un buen geómetra, (ni ninguno de los gnomonistas posteriores), la posibilidad de materializar este cono, para construir un reloj de horas Itálicas, encontrado y desarrollado por uno de nuestro asociados (Vid "Analema 19" Un nuevo Reloj de horas Itálicas y Babilónicas con gnomon cónico por Javier. Moreno)

..... Hay una tercera clase de horas, que también se consideran a veces en gnomónica. Son las que se cuentan desde el orto hasta el ocaso, de manera que siempre haya doce en ese intervalo. Estas horas son las de la mayor parte de los antiguos, entre otros los judíos; lo que hace que se llamen Antiguas o Judías. Las líneas de esas horas no son rectas como las precedentes, sino curvas, podríamos decir incluso de una forma muy extraña, de forma que sólo se pueden dibujar por medio de puntos; la manera de encontrarlos se ocurrirá fácilmente a todo geómetra; por lo que no nos detendremos más en ella.

III. JUICIO DE MONTUCLA SOBRE ALGUNOS GNOMONISTAS:

- Comienza indicando que la invención de los cuadrantes solares es atribuida por Diógenes Laercio a Anaximandro, y por Plinio a Anaximenes, pero no nos ha llegado nada de aquella época. Y continúa diciendo que Vitruvio, del que conocemos algunas cosas, no nos enseña nada satisfactorio, solamente que Beroso inventó el Hemicíclo, Eudoxio el Aracnea; Aristarco el Scaphe; Apolonio el Carcaj; Scopas el Plinto; Paramenio el Pros-pan clima; Teodosio y Patrocles el Pelecion.

Vitruvio nos indica también los nombres que se daban a otros cuadrantes: El Goarke, el Antiboreas, el Engonata. ...

No hace referencia alguna a los cuadrantes de la Edad Media, ni a la floreciente gnomonística árabe ni, consecuentemente, a Alfonso el Sabio. Ni a los gnomonistas italianos.. Indica solamente que:

..... La Gnomónica renació en Europa con la Astronomía.; Jean Stabius, André Stiborius, & Jean Werner, astrónomos de principios del siglo XVI, se ocuparon de ella: pero sus obras han quedado manuscritas.

Munster y Orancio Finée creo que son los primeros cuyos tratados de gnomónica han visto la luz. Sin embargo deben clasificarse en dos grupos diferentes: la obra de Munster es buena; la de Orancio Finée, como varias otras de ese matemático poco afortunado, y que no mereció el título de Profesor Real, ni la reputación que tuvo, no es más que un paralogismo² continuo, como lo ha demostrado Nonius en su libro "De Erratis Orontii".

El geómetra siciliano Maurolicus ha tratado en sus opúsculos sobre gnomónica, y en particular en el que llamó "de Lineis Horariis", enfocándola más desde un punto de vista puramente geométrico que desde la práctica.

La gnomónica de Clavius en ocho libros (impresa en 1581) sería una obra excelente sin la extrema confusión que reina en sus figuras y en sus demostraciones. Es tal la dificultad que según el juicio del P. Deschales, autor del mismo género, sería más fácil para una persona inteligente crear la Gnomónica que leerla en el Clavius.

También tenemos una gnomónica del P. Voellus jesuita, que es, en cierto modo, el resumen de la de Clavius, y mucho más inteligible.

Entraríamos en una enumeración excesivamente prolija si intentásemos señalar todos los tratados de Gnomónica que han aparecido sucesivamente. Diré que, en general, los hay de todos los tamaños y contenidos, en todos los idiomas y para cualquier capacidad, desde la del Geómetra, para el que basta con indicar desde lejos los principios, hasta el obreiro, al que hay que guiar la mano continuamente.

Entre los mejores tratados, hay que conceder lugar a la Gnomónica de M. de la Hire, a la de M. Picard, llamada "La Pratique des grands Cadrans", que puede leerse en el volumen VI de la Académie.

..... Entre los tratados recientes merece una distinción particular el que M. Deparcieux ha puesto a continuación de su "Trigonométrie" ya que contiene a la vez una clara teoría y una práctica muy segura También el de M. Rivard merece ser recomendado

² Paralogismo: Razonamiento falso.

Terminemos estos párrafos diciendo algo sobre los mejores métodos para trazar relojes de sol.

La mejor manera es hacerlo por medio de la Trigonometría. Consiste en calcular en una regla graduada en partes iguales las distancias de las líneas horarias sobre la equinoccial.....etc.....

..... M. Clapiez, Ingeniero y académico de Montpellier, para evitar las dificultades de la trigonometría esférica ha demostrado como puede hacerse también mediante el empleo de triángulos planos. Esta porción de la gnomónica se lee en las Memorias de la Academia del año 1707. También la emplean el P. Gruber en su Horographia Trigonometrica, (Prag. 1718 f.) el P. Castroni en su Horographia universsalis (Panorm 1730.4.).

Asimismo la han utilizado M. Deparcieux, y M Ricard le ha reservado un lugar en su Tratado

- A continuación el autor vuelve a describir, esta vez con más detalle, el método del punto terrestre equivalente donde el plano del reloj se convierte en horizontal indicando que también lo propone M. Picard, aunque no con la claridad con la que él acaba de explicarlo.

Se debe a M. s'Gravesande otra manera de considerar los relojes solares que es extremadamente ingeniosa.

Imaginémonos un reloj horizontal, y que un ojo colocado en el extremo del estilo lo perciba a través de un plano cualquiera inclinado y declinante; es fácil ver que la representación perspectiva de ese reloj formará otro sobre el plano propuesto, que marcará las mismas horas en el mismo momento. Se podrá pues aplicar al trazado de los relojes de sol las reglas de la perspectiva, esto es lo que enseña brevemente M. s'Gravesande en su "Essai de Perspective."

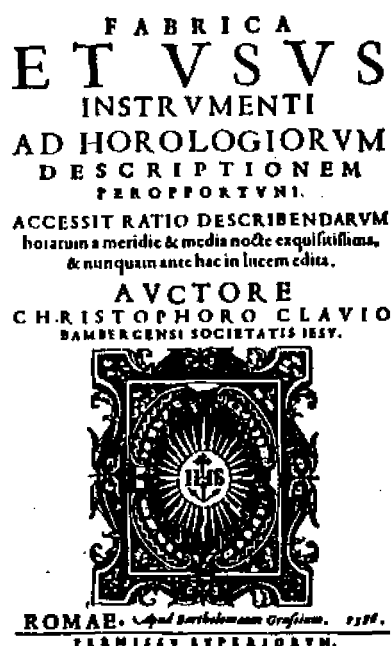
- Explica a continuación que los autores de Gnomónica dividen en dos clases a los relojes solares: los fijos, estables y únicamente destinados para una latitud determinada, y los portátiles, de los que dice que la Gnomónica es muy rica en invenciones de esta clase, y entre los que cita los que se construyen sobre un cilindro, sobre un anillo, etc.

Para terminar se refiere a los relojes de reflexión:

..... Finalmente también se han imaginado relojes solares de reflexión, es decir, que marcan la hora con ayuda de un rayo de sol reflejado por un pequeño espejo sobre el techo o la pared de la habitación. El Padre Kircher creo que ha dado el primer ensayo en su libro titulado: "Primitiae Gnomonica Catoptrica" (1635), y el P. Magnan también lo ha tratado en su "Perspectiva Horaria"

- Montucla considera a la Gnomónica como ramas menor de la Astronomía, lo que explica el restringido espacio que dedica a esta disciplina en su monumental tratado. No obstante recoge algunos datos interesantes y hace un análisis crítico de los más conocidos libros de gnomónica de su tiempo.

A continuación se reproduce la portada del "Fábrica et Usus" de su denostado Clavius, del que dice que es preferible inventar toda la gnomónica que leerlo, opinión excesivamente rigorista, aunque no totalmente desprovista de un fondo de razón.



Y para terminar, se presenta también la portada de las "Rècreations Mathématiques" de Ozanam, en su primera edición de 1694, no en la publicada por Montucla en 1778

RECREATIONS MATHEMATIQUES ET PHYSIQUES,

QUI CONTIENNENT

Plusieurs Problèmes d'Arithmétique, de Géométrie, d'Optique, de Gnomonique, de Cosmographie, de Mécanique, de Pyrotechnie, & de Physique. Avec un Traité nouveau des Horloges Elementaires.

Par M. OZANAM, Professeur des Mathématiques.

TOME PREMIER.



A PARIS,
Chez JEAN TOMBART, près des Augustins,
à l'Image Notre-Dame.
M. DC. XCV.

UNA RÁPIDA Y SENCILLA MANERA DE ESTIMAR LA HORA

MARÍA ASUNCIÓN DEL FRESNO PALANCA

En la misma novela cuyo pasaje comenté en el número anterior de Analema (Mme. Bovary de Gustavo Flaubert) el autor se refiere también a una rápida manera de hallar la hora. Recordemos el pasaje donde la protagonista, Emma, pregunta a la nodriza de su hija:

- "¿qué hora es?"

La nodriza salió, levantó la mano hacia la parte más clara del cielo y entró lentamente diciendo:

- "Las tres van a dar"

Aparentemente se trata de un procedimiento prodigioso que, simplemente levantando la mano, permite hallar la hora.

¿ Para que sirven entonces los relojes, naturalmente en los días sin nubes ? .

¿O, quizás, se trata de una licencia literaria ?.

Nada de eso, es un método tradicional en los ambientes rurales para estimar el tiempo que falta para el ocaso o el transcurrido desde el orto.

La justificación gnomónica ha sido explicada por Manuel María Valdés y se basa en que entre las partes del cuerpo humano hay unas relaciones que se mantienen constantes ¹

La proporción del tamaño del pie se emplea en las tablas de pies ("horologios") para estimar la hora mediante la medida de la longitud de la sombra del cuerpo humano expresada en pies.

La longitud del brazo y el tamaño de la palma permiten medir un arco. Para ello se extiende el brazo y se coloca la mano horizontalmente

En esa posición el arco que se abarca con la

$$\text{atan}\left(\frac{\frac{1}{20}}{\frac{1}{3} - \frac{1}{10}}\right) = 12^\circ$$

palma de la mano es, aproximadamente, de :

Teniendo en cuenta que, si queremos colocar la mano horizontalmente, no se puede extender el brazo completamente el ángulo real será ligeramente mayor que el proporcionado por la fórmula anterior.

Algunas relaciones del cuerpo humano (aproximadas):

Siendo h altura de la persona

$h \cdot 1/6$ longitud del pie

$h \cdot 1/3$ longitud del brazo hasta el extremo de los dedos

$h \cdot 1/10$ longitud de la mano hasta la muñeca

$h \cdot 1/20$ ancho de la mano.

Esta sencilla y, naturalmente, poco exacta forma de medir los ángulos es la base de una costumbre popular para evaluar el tiempo que falta para que se ponga el Sol o el transcurrido desde su orto.

Colocada la mano en la posición antes descrita,

cada dedo que se pueda contar entre el horizonte y la posición del Sol equivale a un cuarto de hora,

porque la trayectoria del Sol está inclinada un ángulo igual al complemento de la latitud del lugar (como media 45° en la zona centroeuropea) respecto al ángulo que se mide con la mano, ángulo que se sitúa en dirección vertical, y por tanto el ángulo de la trayectoria del sol será del orden de

$$\text{atan}\left(\frac{\frac{1}{20} \cdot \frac{1}{\cos 45^\circ}}{\frac{1}{3} - \frac{1}{10}}\right) = \text{aprox. } 16^\circ$$

o sea que el ángulo real medido sobre la trayectoria del sol será, muy aproximadamente, de 15° para la palma de la mano completa.

Pero este es el ángulo que el Sol recorre en una hora.

En el caso de la nodriza de la hija de Mme Bovary la posibilidad de estimar la hora mediante la elevación de la mano hacia la parte más clara del cielo depende de que:

- Conociere la costumbre popular
- El instante fuese próximo al fin del día
- Supiese la hora del ocaso

Era invierno, porque había nieve, el día estaba terminando, porque poco después el autor así nos lo dice y además en la zona de Rouen el sol se pone en invierno no más tarde de la cuatro y media y como la nodriza afirma que "van a ser las tres" no podía faltar más de hora y media para el crepúsculo.

Aunque la cabaña en la que se desarrolla la escena estuviese aislada en el campo, la nodriza podía conocer la hora del ocaso por los sonos de las campanas que siempre eran oídas con atención.

Así pues la nodriza midió una palma y dos dedos o sea seis dedos, para estimar que faltaba hora y media para ponerse el sol y que por tanto iban a ser las tres de la tarde. □

RESEÑAS DE PUBLICACIONES

Título:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE RELOJES DE SOL Y DE LUNA
Autor:	Rafael Soler Gayá
Signatura:	ISBN 84-3800128-9
Tamaño:	17 x 24 cm.-
Páginas:	448
Edición:	2ª Octubre 1997
Edita:	Colegio de Ingenieros de Caminos
Imprime:	Gráficas Calima. Santander
Prólogo:	Del autor
Idioma:	Español
Precio:	6000 PTA

Rafael Soler Gayá es sobradamente conocido por nuestros lectores para que sea necesario una presentación del mismo., por lo que destacaremos aquí solamente algunas de sus actividades relacionadas con la Gnomónica. Dr. Ingeniero y antiguo Director de la Autoridad Portuaria de Baleares, ha sembrado sus queridas Islas con multitud de relojes solares de bella factura y monumentales dimensiones. Asimismo ha hecho construir en Cataluña algunos relojes muy originales, basados en el sistema bifilar, pero con importantes innovaciones. Y también ha construido numerosos relojes portátiles. de muy diversos tipos y de algunos de los cuales hemos dado noticia en anteriores Boletines.

Nos presenta en este libro una segunda edición de su libro *Diseño y Construcción de Relojos de Sol*, que fue publicada hace diez años – la primera está agotada, lo que no es usual en libros tan especializados –

La obra, de 448 páginas, contiene 273 figuras, 34 tablas y 101 espléndidas fotografías en color. Según nos indica su autor, el libro pretende ser básicamente un instrumento de divulgación de la Gnomónica, a nivel elemental y con carácter general y medio en algunas de sus partes, llenando una laguna existente en la bibliografía en español sobre el tema abordado, si no todas, un amplio abanico de materias

Como en su edición anterior, está dividida en dos partes. La primera se refiere a los métodos y fórmulas para el trazado y diseño, y la segunda a sus justificaciones y también a las nuevas materias.

La primera parte va dirigida a quienes sólo interesa conocer como diseñar o construir un "cuadran-

te", pero sin profundizar en los fundamentos de lo que podría denominarse "la receta", y que emplean de ordinario métodos gráficos. Interesa a estos una amplia información complementaria sobre posibles estilos decorativos, sobre sentencias o leyendas, sobre tamaños y limitaciones de dimensiones de líneas, signos y letras. Y también otros extremos que la experiencia ha demostrado que es necesario conocer. En el índice del libro se detalla este contenido.

La segunda parte va dirigida a quienes –acaso con alguna mayor formación matemática– gustan de conocer la deducción de las fórmulas utilizadas o averiguar la razón de los métodos expuestos. Una tabla de concordancia entre epígrafes de la primera y segunda partes permite halla cómodamente las explicaciones pertinentes. Pero esta segunda parte no se limita a presentar las justificaciones, sino que también contiene disquisiciones sobre temas concernientes, seguramente de interés para buena parte de los lectores del libro

Un último capítulo de esta segunda parte se encuentra desligado de la primera ya agrupa los temas enteramente nuevos recogidos en esta segunda edición, que no tienen conceptualmente cabida en los capítulos precedentes; constituyen una colección variada de materias, de las que cabe destacar los cuadrantes lunares y nocturlabios, de cuyo diseño no se conoce que existan en español libros modernos con cierto grado de precisión.

El libro no se propone incursiones históricas en este campo de los "cuadrantes" solares y, por ello, es parco en cuestiones de este tipo. Contiene, por el contrario, una amplia serie de gráficos y tablas encaminados a facilitar los diseños sin tener que recurrir a otras fuentes para obtener los datos necesarios en la aplicación de las fórmulas.

El libro está magníficamente editado. Los dibujos de línea son de una gran precisión, y las fotografías en color de una calidad artística excepcional.

Como resumen puede decirse que más que un tratado de gnomónica constituye una pequeña enciclopedia sobre esta materia, que no debe faltar en la biblioteca de ningún verdadero aficionado a estas disciplinas científicas y artísticas.

En este artículo se publica, una vez más, un sistema para el diseño de relojes declinantes. El procedimiento tiene cierta originalidad y sencillez, por lo que hemos creído conveniente exponer este método para su análisis y crítica por los lectores de "Analema". M.L.

LA MÁS SENCILLA FORMULA PARA EL RELOJ DECLINANTE

M. LOMBARDERO

El diseño de los relojes verticales declinantes es un tema recurrente, que ha sido exhaustivamente tratado por todos los autores, desde los clásicos como Regiomontano, Clavius, Munster, Finné ... hasta los últimos libros de gnomónica recientemente publicados. Era considerado como una especie de "Pons Asinorum" que, si se unía al trazado de las "Líneas de los Signos" permitía a quien poseyese estos conocimientos entrar en la respetada comunidad gnomónica.

Por lo tanto parece necesario excusarse ante el amable lector de este artículo (si lo hubiere) por volver de nuevo sobre este tema tan profunda y profusamente tratado. En este escrito se utilizará la siguiente nomenclatura:

Latitud geográfica	φ
Declinación del muro	d
Ángulo horario	t_h

Las sencillas fórmulas que se insertan a continuación se deducen de los procedimientos geométricos utilizados por algunos venerables tratadistas.

De algunos de los trazados geométricos que exponen en sus tratados se deduce sin dificultad la siguiente figura: (1) (proyectando un reloj solar situado en el plano ecuatorial, según la dirección del eje celeste, sobre el plano vertical declinante)

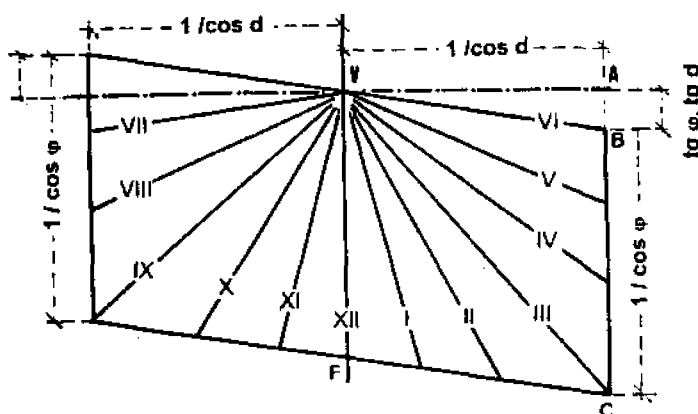


FIGURA 1

Naturalmente los valores trigonométricos que se indican en la figura (1) no eran utilizados en las construcciones geométricas, ya que estas permitían hallar directamente las magnitudes de los segmentos lineales determinantes del trazado del reloj.

Si, en la figura 1, multiplicamos por $\cos d$ todos los valores acotados, obtenemos la figura (2):

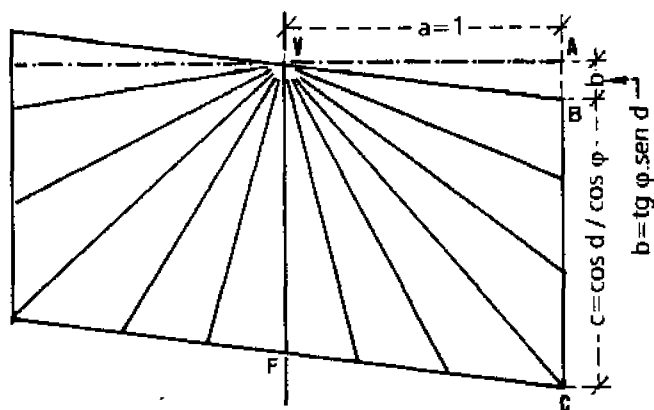


FIGURA 2

Estas fórmulas nos van a permitir el trazado de las líneas horarias de un reloj declinante, conocidas la declinación del muro d y la latitud del lugar φ .

Para ello determinaremos los puntos de intersección de las diversas líneas horarias con los lados del rectángulo.

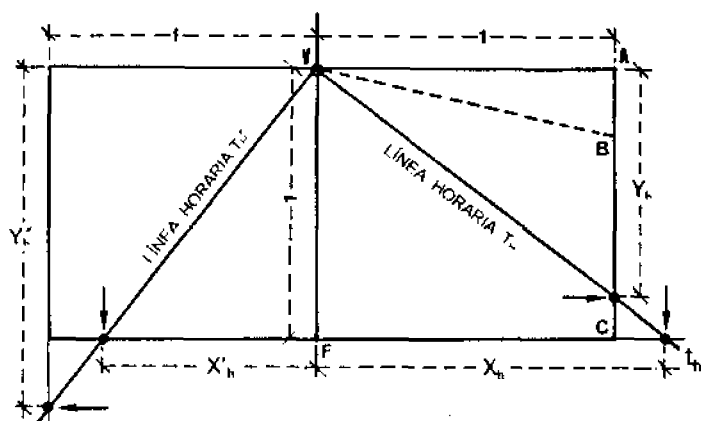


FIGURA 3

Obtenemos, según la figura (3) las fórmulas;

$$Y = c \cdot \operatorname{tg} [t_h] \pm b$$

$$X = 1 / y$$

donde

t_h = ángulo horario ($15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$)

Y = distancia vertical del punto de corte

X = distancia horizontal

$b = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{sen} d$

$c = \cos d / \cos \varphi$

La línea de las VI horas, determinada por la magnitud b , formará un ángulo con la horizontal positivo o negativo, según sea la declinación del muro, positiva o negativa, o sea dependiendo de que la cara iluminada del reloj mire al SE o al SW.

Esta cuestión queda perfectamente aclarada observando las siguientes figuras (5) y (6)

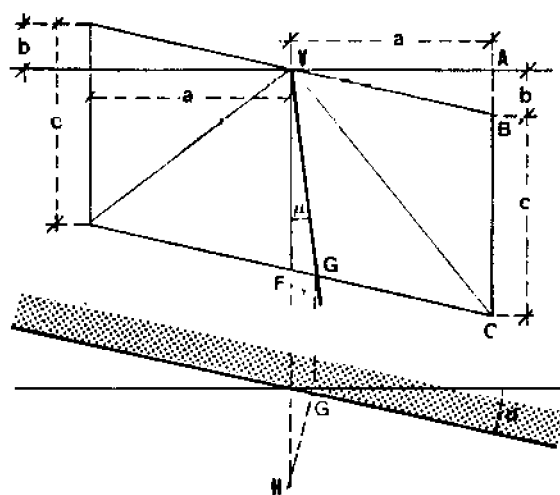


FIGURA 5 MURO DECLINANDO AL S-E.

En el punto G determinado por la magnitud lineal f la subestilar corta al recuadro de lado a

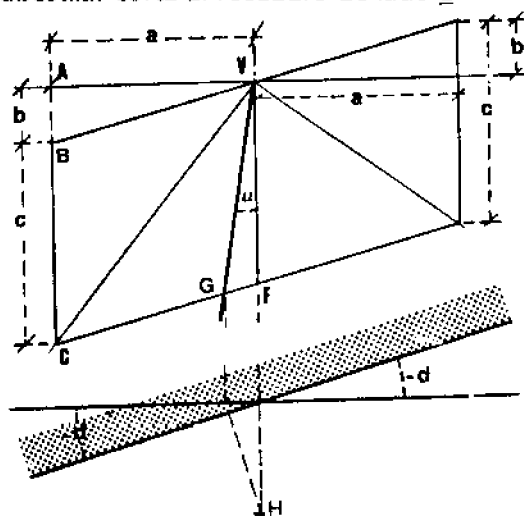


FIGURA 6 MURO DECLINANDO AL S-W.

Para trazar la subestilar y el ángulo del gnomon mediante la determinación de l punto F se emplean las conocidas fórmulas

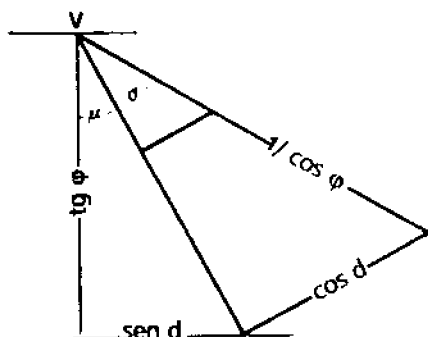


FIGURA 7. SUBESTILAR Y GNOMON

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \mu &= \operatorname{sen} d / \operatorname{tg} \varphi \\ \operatorname{sen} \sigma &= \operatorname{cis} d \cdot \cos \varphi \end{aligned}$$

Por consiguiente la subestilar VG se determina el punto G en el que la esta línea corta al recuadro de lado unidad ($a=1$) mediante

$$GF = f = \operatorname{sen} d / \operatorname{tg} \varphi$$

Y para hallar el ángulo que el gnomon forma con la subestilar (y con el plano del reloj)

$$GS = g = \cos d / \operatorname{tg} \varphi$$

Como es natural la longitud definitiva VS' del gnomon deberá ajustarse a las dimensiones del reloj, que no tienen por qué coincidir con las del recuadro de lado a que se ha utilizado para trazar las líneas horarias. En general, es conveniente que el lado a del recuadro sea mayor que la máxima dimensión de la faz del reloj, para asegurar la precisión de trazado de las líneas horarias.

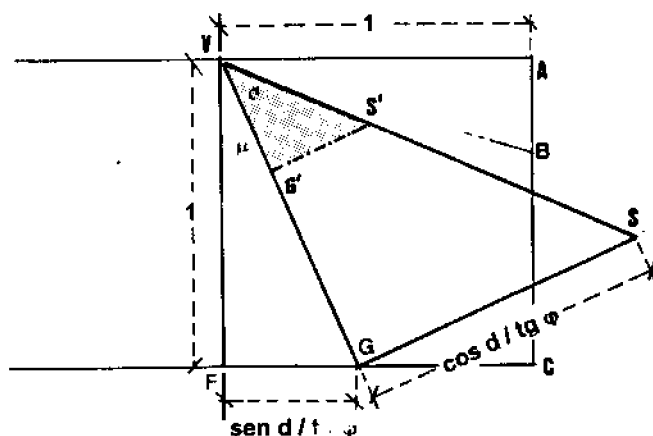


FIGURA 8 SUBESTILAR Y GNOMON

La posición del punto G estará situada a la derecha o izquierda del la vertical, (línea de las XII horas) según el cuadrante decline al SE ó al SW, como puede verse en las anteriores figuras 5 y 6

RESUMEN

Los cálculos necesarios para el trazado de un reloj vertical pueden ser efectuados rápidamente mediante la siguiente fórmula:

$$Y = c \cdot \operatorname{tg} [t_h] \pm b$$

$$X = 1 / Y$$

Siendo $b = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{sen} d$, $c = \cos d / \cos \varphi$

La nomenclatura empleada es la siguiente:

φ = latitud geográfica del lugar

d = declinación gnomónica del muro

t_h = ángulo horario (15°, 30°, 45° 90°)

X e Y son las coordenadas de los puntos de corte de las líneas horarias con el recuadro de lado unidad. ($a = 1$)

Naturalmente, también pueden utilizarse para el reloj horizontal ($d = 0$ $\varphi' = 90^\circ - \varphi$)

La siguiente tabla muestra los valores de la Declinación Magnética en España, excepto Canarias, para el año 1998. Ha sido actualizada y recalculada por J. de la Calle partiendo de los datos obtenidos de las publicaciones del Instituto Geográfico Nacional. Los valores (D) que se exponen están expresados en grados y decimales de grado (sexagesimales). En la escala horizontal se indica la latitud del lugar de aplicación, y en la vertical su longitud, de medio en medio grado. Para valores intermedios se deberá interpolar.

TABLA DE LA DECLINACIÓN MAGNÉTICA EN ESPAÑA PARA 1998

	36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.5	40.0	40.5	41.0	41.5	42.0	42.5	43.0	43.5	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.47	-	9
8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.29	5.22	5.25	-	8.5
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.99	5.00	5.04	5.12	8
7.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.77	4.66	4.88	4.98	7.5
7	-	-	-	4.19	4.30	4.29	4.45	4.35	-	-	-	-	4.68	4.64	4.83	4.82	7
6.5	-	-	4.02	4.03	4.06	4.05	4.13	4.21	4.40	4.28	4.39	-	4.46	4.50	4.48	4.58	6.5
6	-	3.85	3.86	3.84	3.74	3.96	3.94	4.05	4.08	4.09	4.18	4.21	4.27	4.24	4.39	4.40	6
5.5	3.65	3.69	3.69	3.70	3.70	3.81	3.80	3.86	3.91	3.87	4.03	4.06	4.03	4.09	4.15	4.23	5.5
5	-	3.51	3.50	3.53	3.54	3.59	3.61	3.68	3.69	3.73	3.82	3.83	3.93	3.89	4.16	4.02	5
4.5	-	-	3.38	3.37	3.40	3.48	3.43	3.49	3.53	3.58	3.62	3.81	3.69	3.73	3.86	3.87	4.5
4	-	-	3.24	3.22	3.21	3.28	3.29	3.32	3.36	3.39	3.41	3.44	3.54	3.53	3.57	3.71	4
3.5	-	-	3.08	3.06	3.06	3.07	3.10	3.13	3.17	3.20	3.26	3.29	3.36	3.37	3.43	3.48	3.5
3	-	-	2.91	2.91	2.92	2.93	2.93	2.94	3.00	3.00	3.11	3.13	3.18	3.22	3.21	3.29	3
2.5	-	-	2.69	2.74	2.73	2.76	2.77	2.85	2.86	2.97	2.97	2.98	2.99	3.07	3.06	3.22	2.5
2	-	-	2.44	2.48	2.66	2.61	2.62	2.68	2.71	2.75	2.76	2.79	2.82	2.91	2.96	3.00	2
1.5	-	-	-	2.38	2.41	2.43	2.48	2.49	2.52	2.60	2.59	2.62	2.68	2.74	2.82	-	1.5
1	-	-	-	-	2.35	2.28	2.34	2.37	2.38	2.39	2.46	2.48	2.51	2.57	2.63	-	1
.5	-	-	-	-	-	2.13	2.12	2.17	2.19	2.22	2.29	2.31	2.36	2.38	2.48	-	.5
0	-	-	-	-	-	-	-	-	2.06	2.07	2.15	2.19	2.17	2.17	-	-	0
-0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.97	1.99	1.99	2.00	2.04	-	-	-0.5
-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.87	1.85	1.88	1.89	-	-	-1
-1.5	-	-	-	-	-	-	1.57	-	-	-	1.69	1.70	1.75	1.76	-	-	-1.5
-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.55	1.56	1.59	-	-	-2
-2.5	-	-	-	-	-	-	-	1.26	-	-	-	1.39	1.39	1.43	-	-	-2.5
-3	-	-	-	-	-	-	-	1.17	-	-	-	-	1.29	1.25	-	-	-3
-3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-3.5
-4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.88	-	-	-	-	-	-	-	-4

- La declinación magnética en la Península Ibérica es siempre W (negativa). Los valores de la tabla se refieren a Julio 1998, pero pueden ser utilizados durante todo el año. Para fechas más alejadas deberán ser corregidos (variación anual)
- La declinación en cada lugar varía continuamente con el tiempo y ocasionalmente por efecto de perturbaciones locales. No debe esperarse obtener una precisión mejor de $\pm 0,25^\circ$, aunque en la tabla figuren dos cifras decimales



