

ANALEMA

BOLETÍN DE LA ASOCIACIÓN DE
AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL

SUMARIO

- 1 EDITORIAL ----- Editor
 - 2 ABSTRACTS ----- Redacción
 - 3 ¿EXISTIÓ ALGUNA VEZ, EN ESPAÑA UNA
ESCUELA DE GNOMÓNICA ? ----- C. Esteve
 - 5 EL "LIBRO DE BUEN AMOR". LAS HORAS
CANÓNICAS DE UN GOLIARDO ----- MM. Valdés
 - 9 EL "ASTROLABIO CATÓLICO"
SU INFLUENCIA EN LA GNOMÓNICA ----- A. Gunella
 - 14 EL "ANALEMMA NOVUM". UN ÁBACO
TAN ANTIGUO COMO POCO DIFUNDIDO ----- L. Hidalgo
 - 16 UN RELOJ ECUATORIAL PARA EL POLÍGONO
REY JUAN CARLOS I " de ALMUSSAFES ----- J. Olivares
 - 18 NOTAS Y COMENTARIOS ----- Redacción
 - 21 TALLER: CONSTRUCCION DE UN RELOJ
HORIZONTAL O VERTICAL DE UNA
MANERA RÁPIDA Y PRECISA ----- L. Hidalgo
 - 25 EL MAYOR RELOJ DE SOL HORIZONTAL
DE ESPAÑA ----- J. del Buey y
J- Martín-Artajo
-

ASOCIACIÓN DE AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL

Isaac Peral 48. 28040 – MADRID. ESPAÑA

JUNTA DIRECTIVA

Presidente: Luis Hidalgo Velayos
Vicepresidente: Jacinto del Buey Pérez
Secretario Gral: Manuel Lombardero Soto
Tesorero: Antonio de Vicente Candeira
Bibliotecario: Jesús de la Calle Montes

Consejo de Redacción: Vocales
Manuel María Valdés Carracedo
Javier Moreno Bores
Miguel Ángel Hacar Benítez

Vocales Asesores:
Antonio Angulo Álvarez
Baltasar Soteras Elía
José Esteban Esteban

Socios de Honor:
Rafael Soler Gayá
José Luis Basanta Campos

La Asociación de Amigos de los Relojos de Sol fue creada en abril de 1988. Está legalmente reconocida y figura en el registro nacional de Asociaciones con la referencia N-18685. Constituye una entidad no lucrativa cuyos fines son el desarrollo y fomento de las investigaciones y estudios sobre temas históricos, matemáticos geográficos, arquitectónicos y literarios relacionados con la difusión de los conocimientos relativos al cálculo, trazado, construcción, emplazamiento y revisión de los Relojos de Sol y otros instrumentos análogos. Para el cumplimiento de estos fines celebra reuniones periódicas, mantiene contacto con otras Asociaciones o Entidades semejantes y publica cuatrimestralmente el Boletín Informativo "Analema", abierto a la colaboración de todos sus lectores.

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

- Comprobación y datación de cuadrantes y relojes antiguos.
- Información Bibliográfica referente a temas relacionados con la Gnomónica
- Traducción o revisión de artículos de revistas, boletines y publicaciones.
- Asesoramiento para la construcción o reparación de relojes solares.

Estos servicios son prestados a sus Socios a título gratuito, o a coste estricto a las entidades o personas que así lo soliciten y sean presentadas por algún Socio. Los servicios de asesoramiento serán totalmente gratuitos para las entidades o asociaciones de carácter cultural.

Para obtener la condición de Asociado es necesario la presentación por un Socio 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 asociado, pudiendo ser nula si así lo desea. No obstante, para recibir con seguridad el presente Boletín y otras publicaciones deberá aportar como mínimo el equivalente a los gastos de confección y envío postal del de las mismas.

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 propiedad del autor, o cualquier otro tipo de impedimento legal.

La Asociación no se hace, en ningún caso, responsable del contenido o interpretación de los escritos, gráficos, fórmulas, tablas, o cualquier otra clase de información contenida en los Boletines o en sus publicaciones colectivas. Agradece todo tipo de crítica, comentario, discusión o reseña de los mismos, que será transmitida a su autor y publicada en el Boletín si su interés y generalidad lo hiciere conveniente a juicio de la Junta, que 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 seis folios, incluyendo ilustraciones, salvo que su contenido aconseje publicarlos en varios números sucesivos o en forma de separata del Boletín.

Por la Electrónica, hacia la Gnomónica.

CARTA DEL EDITOR

Como se indicaba en el Boletín anterior, la Asociación dispone ya de un acogedor sitio Web, preparado por uno de nuestros eminentes asociados para satisfacción de webistas, weberos furtivos y gnomo-navegantes. Su dirección es:

<ftp://www.relojesdesol.org>

Hemos cumplido así los deseos, tantas veces expresados, de gran parte de nuestros socios que consideraban imprescindible asomarnos al nuevo mundo electrónico, que, como decía San Isidoro de su época, es *grande y terrible*.

Desmentimos las insinuaciones de algunos asociados que opinaban que sería preferible que las comunicaciones entre los diversos grupos de Gnomonistas se hiciesen por medio del Heliógrafo, utilizando la potencia de los rayos solares y su reflexión en espejos ustorios. El Editor no se hace responsable de estas opiniones, antes al contrario, es evidente que en el mundo actual se debe disponer de los más avanzados medios de comunicación existentes, para poder cumplir uno de los fines de nuestra Asociación: la difusión por todo el orbe (virtual) de las Artes Gnomónicas.

Por otra parte, la irrupción del ordenador en el campo de los relojes solares no es mas que el pago aplazado de una deuda. De hecho muchos de los ingeniosos relojes solares, ábacos, astrolabios, bastones de cálculo, alidadas y otros dispositivos gráficos o mecánicos fueron en su día verdaderos calculadores analógicos que resolvían ecuaciones trigonométricas con precisión suficiente.

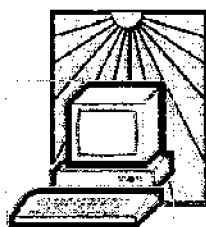
Una vez más, y ahora con urgencia electrónica de banda ancha, rogamos, pedimos y reclamamos la colaboración de todos los inteligentes lectores de *Analema* y de los eventuales frecuentadores del Sitio Web. Esperamos sus críticas, más o menos veladas por la cortesía, sus alabanzas y lisonjas, y sobre todo sus comentarios y artículos de colaboración, que pueden enviar a la dirección siguiente:

<ftp://www.relojesdesol.org/incoming/>

donde serán bien recibidas, comentadas y hasta publicadas en la mayoría de los casos. Con la excepción de los se refieran al diseño de un reloj horizontal utilizando trozos de botellas, a la determinación de la meridiana por el método de los círculos indios, al movimiento continuo o algún tema esotérico análogo. (Aunque parezca extraño todos estos temas ya se nos han ofrecido, algunos más de una vez)

Con la satisfacción de comunicar esta excelente noticia, les envía un electro-shock, -error, quiero decir un electro-saludo -:

EL EDITOR



ABSTRACTS

3

A SPANISH GNOMONIC ACADEMY IN 1584 ?

C. Esteve Secall goes back in the time, until the reign of Philippe II of Spain, and finds that the Architect Juan de Herrera, known by his Monasterio de El Escorial, create in the Court a College or Academy in order to train and educate some Scientists and Technicians. The Academy Director, -himself-, redacted the College Statutes with a very encyclopaedic and ambitious design: the courses ought to be imparted at no cost among persons interested on determinate professions very accurately specified, i.e. Arithmeticians, Geometers, Musicians experts in Arithmetic, Cosmographers, Pilots "who could steer a fleet", Architects, Military Engineers, Experts on Hydraulics, Artillery Officers, and "*Hologlographos de Reloxes Solares y de movimientos materiales*" (Hhorologiographos de Reloxes means Experts on Solar and Mechanic dials) It is the first time in the History of Science, at least in Spain, that the "Horologiogarphos" or Dialists are quoted as an independent profession. But the Academy of Mathematics founded by Herrera in Madrid was short-lived., and do not reached the generous amplitude dreamed by his founder, its learning were limited to the fields of Cosmography, Navigation and Military Engineering.

5

EL "LIBRO DE BUEN AMOR". LAS HORAS CANÓNICAS DE UN GOLIARDO

Juan Ruiz, Archpriest of Hita, was a wandering priest of the mid 14th century who wrote in 1340 the "Libro de Buen Amor" with the humour and brazenness that was later the patrimony of the "Goliards." In this article Mr. Valdés points out to the verses 372 to 338 where the Archpriest interprets the canonical hours whit an irreverent double meaning, as if the hours pauses were applicable to some events of carnal, not sacred, love. His humour was not much appreciated by his enemies, some dissolute members of clergy, that denounced his writings to the Inquisition.

9

THE "CATHOLIC ASTROLABE". ITS INFLUENCE INTO GNOMONIC

A. Gunella, a prominent Italian Gnomonist and collaborator with this Bulletin, explain in this article, -lavishly ornate with a profusion of carved-clear figures- the basis of the stereographic projection. He exposes its use in the astronomical instrument known by the Azarquiel's "*As-saphaia*". (In medieval Castilian "*Azafea*"). The use of this instrument was forgotten until the 16th century, when Gemma Frisius, and Rojas brought to light the easiness and convenience of its universal "horizon plate". The Author shows us in a very elegant, if a little academic way, how to apply the stereographic projection to the design of every type of solar dials.. By the way: "Horizons Catholicum" has nothing to do with Dogma., says the translator from Italian to Spanish.

14

THE "ANALEMA NOVUM"

L. Hidalgo says that Ozanam, in his book "*Methode Generale pour tracer des Cadrans*" (Paris 1685) does not justify the design of some "*curious cadrans*", in particular the "*Analemma Novum*" of the R.P. Sain Rigaud. In this article Mr Hidalgo states a mathematical demonstration and, prints a full example of the design of such a "cadran" or "abacus", pointing to some resemblances with the more known Regiomontanus Dial.

16

AN ECUATORIAL SUNDIAL AT THE INDUSTRIAL ZONE OF ALMUSSAFES (VALENCIA)

In the "Polígono Industrial Juan Carlos I", at Almussafes, (Valencia, Spain) an original equatorial Sundial was erected by Rafael Amorós and Joan Olivares. The diameter of the equatorial circle is 5 meters, and another vertical meridian circle is used both as a gnomon and a support to maintain the appropriate angle of the equatorial.. A photography and many pictures let us see the features of this interesting structure.

17

NOTES AND COMMENTS

-1) A Doctoral Thesis about Gnomonic. -2) 2nd Gnomonic Encounter at Murcia (Spain). - 3) A New Comprehensive Index of the "Analema- Bulletin. -4) "*Shadow of Time*". An International Contest for sundial makers. Sponsored by Italian Amateur Astronomers Union. Closing date for entries: June 30. -5) A Note by A. de Vicente. - 6) Our new Bank account.. -7) The "Mira el Sol" (Look at the Sun t.), street in Madrid. -8) The "Mira el Rio" Look at the river) Street (

20

HOW TO MAKE A HORIZONTAL OR VERTICAL SUNDIAL, ACCURATE AND RAPIDLY

Mr. Hidalgo applies directly four Middleton horary scales, and one latitude scale to construct rapidly an easily a dial, vertical or horizontal. These scales are published by THORNE in the B.S.S. Bulletin. The articles is mainly dedicated to justify mathematically the disposition and use of the scales in order to form an accurate sundial.

25

THE GREATEST HORIZONTAL SUNDIAL IN SPAIN

J. del Buey and J.Martín-Artajo shows us a huge dial that has been recently constructed by A. de Juan y Serra at the village of Rivas, near Madrid. Really it is an huge artefact because his circular platform has a diameter of 50 m. and the gnomon height reaches 6,5 m. An arial photography of the dial base, and another of the gnomon lets us see that the dial is a classical horizontal one.. The base is made of concrete, and the gnomon of "corten" steel 10 mm thick. .

¿ EXISTIÓ ALGUNA VEZ, EN ESPAÑA, UNA ESCUELA DE GNOMÓNICA ?

CARLOS ESTEVE SECALL

Esta pregunta me la he realizado algunas veces, al profundizar en la ciencia gnomónica europea y especialmente en la ciencia española.

Hay que remontarse al siglo XVI, cuando se inicia en España un renacer de la actividad científica, con la creación de instituciones, de carácter eminentemente técnico, como La Casa de Contratación de Sevilla, que convierte a esta ciudad en un atrayente imán, y a la vez en un centro de irradiación de los conocimientos de la ciencia náutica.

Hacia mediados de este siglo en la España renacentista, confluyen tres fuentes de influencia: las italianas, las flamencas y las alemanas.

Pero no olvidemos que estamos en el reinado de Felipe II, cuya imagen fue comparada a un emperador romano, por su inagotable curiosidad científica, en donde la ciencia era una parte esencial, en esta nueva imagen de su monarquía.(1)

A pesar de las reformas llevadas a cabo en la universidad de Salamanca, con un nuevo plan de estudios, no es de extrañar, el planteamiento y la conveniencia de establecer un centro de formación científico-técnica en la Corte, dada la carencia de técnicos y científicos.

La iniciativa, la inició el prestigioso cosmógrafo Alonso de Santa Cruz en 1557, con la propuesta de creación de una cátedra de cosmografía en el Consejo de Indias.

El segundo intento, dieciocho años más tarde, fue dirigido por el cosmógrafo napolitano Juan Bautista Gesio, quien solicitó al monarca la creación de una cátedra en Palacio, similar a la existente en Lisboa.(2)

Más suerte, tuvo el arquitecto Juan de Herrera, cuya idea de crear un centro de formación de técnicos, en la Corte, pudo llegar a ser realidad, debido a la buena coyuntura política y económica, que estaba atravesando el país, con el recién nombramiento de Felipe II, como soberano de Portugal.

El director de la Academia sería el mismo Herrera, quien redactó los estatutos y lo imprimió en 1584, con un programa enciclopedista en cuyo preámbulo se lee:

"... Ha sido su Magestad servido, que en su Corte aya una lección publica de Mathematicas, trayendo para ello personas eminentes que las lean y enseñen publica y graciosamente, a todos los que las quisieren oyr..." (3)

Se especifica claramente que las lecturas estaban dirigidas a cuantas personas lo desearan de forma totalmente gratuita, y en especial a quienes se interesasen en determinadas profesiones que detalladamente:

Aritméticos teóricos y prácticos para que puedan determinar las dudas.

Geómetras diestros en la medida de cualquier superficie.

Músicos expertos en aritmética, imprescindible para la composición de consonancias musicales y la Rítmica.

Cosmógrafos encargados de situar las tierras y describirlas.

Pilotos diestros que sepan guiar las flotas.

Arquitectos y fortificadores para que puedan levantar magníficos edificios que ennoblezcan las ciudades y las fortifiquen.

Pintores, ya que de todas las invenciones de los hombres, es la que más entretiene.

Fontaneros y niveladores de aguas para los acueductos y regadíos.

Horologiographos de relojes solares y de movimiento materiales.

Artilleros y maestros de instrumentos y aparatos bélicos.

Perspectivos afamados y con fundamento de la una y otra perspectiva. (3)

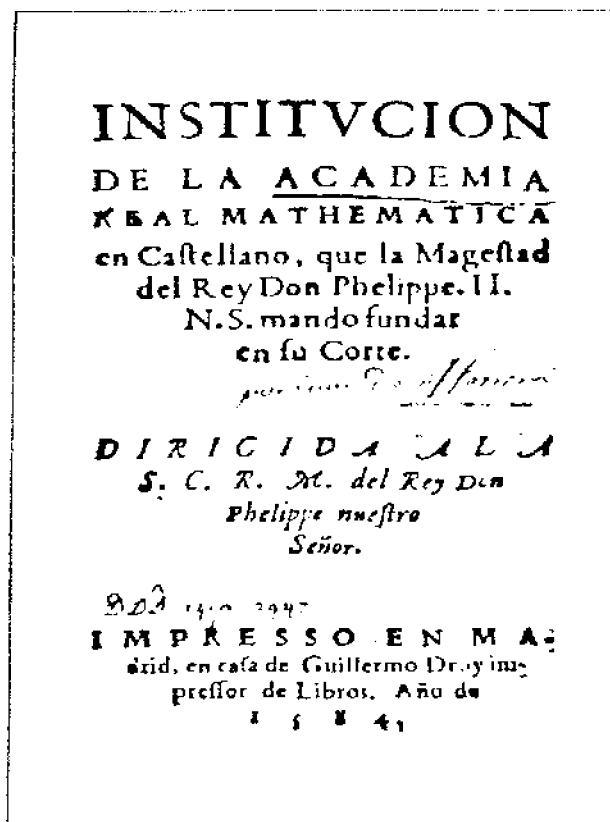


Fig. 1: Reproducción de la portada de la "Institución de la Academia Real"

Esta es la primera vez en la historia de la ciencia, que se cita la *Horologiógrafa* y a sus técnicos los *horologiógrafos* o *gnomónicos* como profesión independiente, y además aclara:

"...De la Astrologia son partes la Gnomonica, o Horologigraphia que trata del arte de los relojes solares, de toda manera y en qualquier sitio hechos, y enseña otras subtilezas halladas por posición de estilos.." (3)

Por su interés paso a citar los libros y textos científicos que deberían conocer los versados en la ciencia Horolográfica, es decir los textos Gnomónicos, que Herrera enumera con todo lujo de detalles:

"...Quien pretendiere saber la Gnomonica, o Horologigraphia, como se deve, ha de entender los seys primeros libros de Euclides el undecimo, y duodecimo, los Sphericos de Theodosio, los Conicos de Apolonio, los usos del globo celeste, Astrolabio planispherio y ser platico en los libros que de Gnomonica han escrito el padre Clavio, el Comandino, el Maurolico, entender muy bien la perspectiva. Y con esto quedara capacitadissimo en esta sciencia, y savra despues colocar qualquier circulo dado en qualquier dada superficie, inventar y hallar muchos instrumentos Astronomicos, nuevos y hazer muchas observaciones tocantes á Astronomia. Leerasse de la Horologigraphia, ende mas de lo que se leera para las otras facultades el Analema de Ptolomeo: y de los libros del padre Clavio y de los demas lo que mejor pareciere, y que sea mas a proposito: assi en platica como en teórica.." (3)

Esta Academia nacida como institución alternativa por la insuficiencia en las enseñanzas de los técnicos en las universidades, fue pionera en el panorama científico europeo.

Veintiún años más tarde en 1603, se fundaría en Roma la *Academia dei Lincei*, a instancias del príncipe Federico Cesi, y entre cuyos miembros se encontraba la figura de Galileo.

En Inglaterra, tenemos la *Royal Society* de Londres, cuyo origen se encontraba en las tertulias científicas iniciadas en Cambridge hacia 1640, con la novedad de que fuese promovida por los propios científicos, y no por los poderes políticos.

En Francia, la primera academia fue la *Académie Montmor*, antecedente de la futura *Académie des Sciences*, fundada en 1666, y propiciada por el ministro Colbert.(4)

La *Academia de Matemáticas* de Madrid, no tuvo el amplio alcance pretendido por Herrera, ya que sus enseñanzas se limitaron casi exclusivamente al ámbito de la cosmografía y navegación, salvo dos años, en los que la orientación se dirigió hacia la ingeniería militar.

A pesar de todo, hay que destacar el alto nivel científico de los profesores de la Academia que difundieron los últimos avances de la historia, como las nuevas teorías copernicanas, de la famosa obra *De revolutionibus*, traducidas al castellano y explicadas por Cedillo. (5)

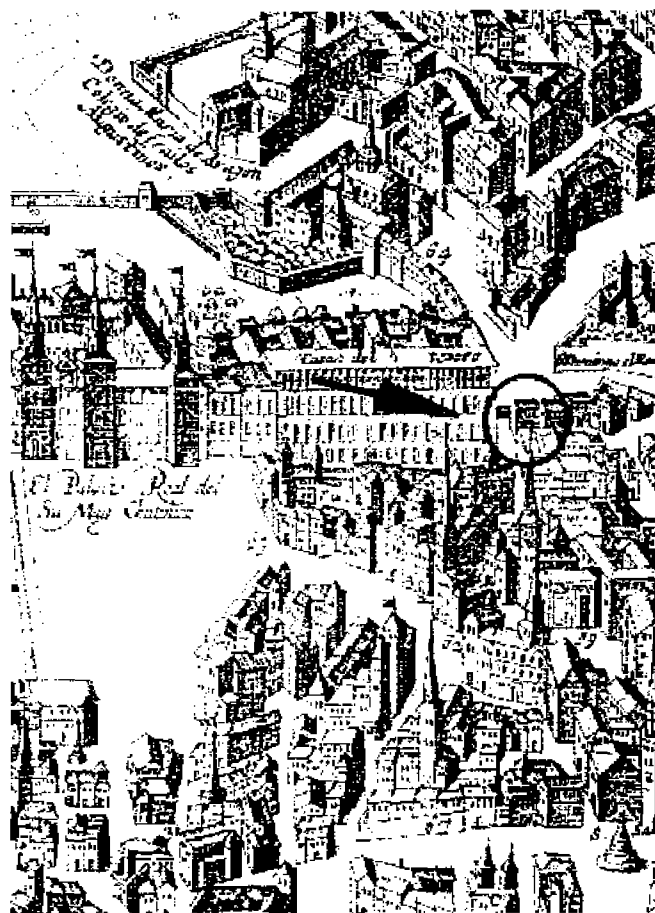


Fig 2 – Situación del la primitiva Academia según el plano de Gaspar de Witt. 1622

BIBLIOGRAFÍA:

- (1) Cámara Alicia: *Madrid en el espejo de la Corte*, Madrid, Ciencia y Corte. Madrid 1999.
- (2) Esteban Piñero M.: *Juan de Herrera y la Real Academia de Matemáticas*. Instrumentos científicos del siglo XVI. Madrid 1998.
- (3) Herrera Juan de: *Institución de la Academia Real Matemática*, Madrid 1584.
- (4) Lopez Piñero J.M.: *La revolución científica Madrid* 1989.
- (5) Vicente Maroto M.I.: *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del siglo de Oro*. Salamanca 1991.

El "Libro de Buen Amor" fue compuesto por Juan Ruiz, Arcipreste de Hita, hacia 1330-1343. En sus versos 372 a 388 es una parodia de las horas canónicas, que está atestiguada por otros textos de la época referentes a la disoluta vida de la clerecía. En este artículo de M.M. Valdés y M. Pueyo se analizan los citados versos, aclarando su irreverente y non sancto doble sentido. M.

EL "LIBRO DE BUEN AMOR" LAS HORAS CANÓNICAS DE UN GOLIARDO

M. M. VALDÉS con la colaboración de MERCEDES PUEYO

Previo

El motivo de estas líneas fue exponer, de acuerdo con un escritor de mediados del siglo XIV, las oraciones que se rezaban en las horas señaladas por el Sol en los relojes canónicos o de misa. Este propósito encaja en una revista de gnomónica, pero el vigor e interés del escrito original ha llevado al comentarista a escribir un artículo que, aparentemente, se relaciona poco con los relojes de sol.

Por eso recomiendo a los lectores apasionados que pasen rápidamente las páginas siguientes, aunque será una pena que se pierdan los comentarios del Arcipreste de Hita sobre su entorno.

Relojes canónicos o de misa.

En la fachada sur de muchas iglesias románicas rurales, repartidas por toda Europa, y próximos a su puerta existen unos elementales relojes de sol.

Herederos de los heterodoxos relojes de ángulos iguales, suelen tener como mínimo cinco líneas horarias que señalan, aproximadamente, las horas prima, tercia, sexta, nona y duodécima del horario temporal.

Para los gnomonistas resulta sencillo calcular los tiempos que median entre los pasos de la sombra por las distintas líneas horarias según la latitud del lugar y la época del año. Pero nunca se ha escrito en los libros y artículos que se refieren a los relojes de sol sobre los rezos y cultos que se practicaban en estos pequeños templos, situados en aislados núcleos de población y muchas veces en pleno campo.

Afortunadamente tenemos un clásico del siglo XIV que puede ayudarnos en esta tarea.

Hita

El cerro de Hita, atalaya natural, fue utilizado ya por los romanos como puesto de vigilancia sobre la calzada de Mérida a Zaragoza. Bajo el dominio árabe la población era conocida como Fita, término de origen latino que significa lugar fijo y sobresaliente.

En el año 1085 el rey castellano Alfonso VI reconquista estas tierras. Antes de ocurrir este hecho la villa aparece ya citada en el Poema del Cid y la Leyenda de los Siete Infantes de Lara, lo que demuestra su temprana importancia para Castilla. Tras la reconquista siguen conviviendo en Hita cristianos, judíos y musulmanes.

El Marqués de Santillana, Íñigo López de Mendoza, se convierte en el siglo XV en un noble poderoso y gran

poeta amante de las artes. Como Señor de Hita reconstruye el castillo hacia 1430 y fortifica la población.

A finales del siglo XV comienza el declive de Hita coincidiendo con el reinado de los Reyes Católicos y con la expulsión de los judíos. La Guerra Civil Española acarrea la destrucción de la villa, destrucción que comprende la de todas sus iglesias.

Sin embargo cerca de Hita se conservan varias iglesias románicas que muestran en sus portadas relojes canónicos, entre ellas se halla la de Pinilla de Jadraque.

La Iglesia Parroquial de Pinilla de Jadraque fue construida a finales del siglo XII o principios del XIII. Conserva de esa época dos capiteles del estilo románico primitivo, aunque el atrio porticado, con capiteles de decoración vegetal, es posterior a la primitiva edificación.

En las inmediaciones se conservan las ruinas del Monasterio de San Salvador de Pinilla, fundado en 1218.

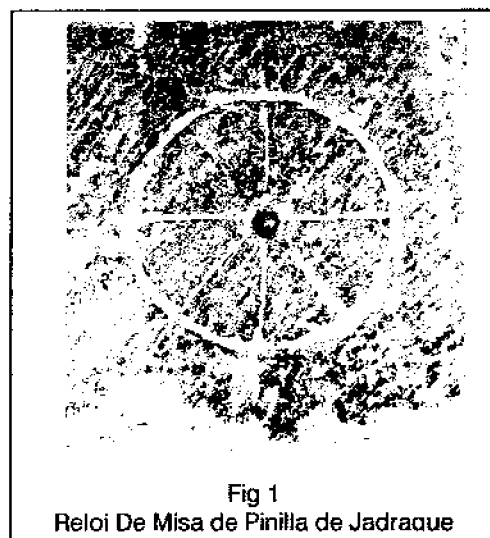


Fig 1
Reloi De Misá de Pinilla de Jadraque

Juan Ruiz, el Arcipreste de Hita.

Poco se sabe de la vida de este escritor castellano de mediados del siglo XIV, aunque podemos conocer algunos datos biográficos entresacando sus propias afirmaciones (nacimiento en Alcalá de Henares en 1283, estudios en Toledo, encarcelamiento por orden del Arzobispo de Toledo...). Sin embargo estos pocos datos han sido puestos en tela de juicio por un amplio sector de la crítica. Su única obra conocida es el libro de Buen Amor, uno de los textos más importantes y característicos de la literatura castellana medieval.

La Época. Los Goliardos

El Arcipreste vivió una época turbulenta, como tantas otras de nuestra historia, época en la que florece la literatura goliardesca¹ muestra del ambiente que rodeó a Juan Ruiz.

Esta literatura se gesta en tres ambientes que, aunque muy diferentes entre sí, no pueden ignorarse mutuamente:

- el cortesano
- el popular y
- el escolar

Libro de Buen Amor.

La interpretación del Libro de Buen Amor o, con más exactitud, sus niveles de significación, ha sido objeto de numerosos estudios. No cabe, sin duda, una explicación sencilla del Libro, porque, como toda creación maestra ofrece varias posibilidades de interpretación de su mensaje.

Juan Ruiz nos muestra, mediante el protagonista, la mezcla en el hombre medieval de una fe que debe conducirle al amor divino y unos instintos eróticos que, exacerbados por la crisis de valores de la época, le arrojan en brazos del amor humano.

Este enfoque no debe extrañarnos, ya que tal mezcla es similar a la que se encuentra, con más o menos variantes, en otros muchos textos de la literatura europea tanto contemporánea (Boccaccio, Chaucer) como inmediatamente anterior. Naturalmente debemos suponer que tampoco sorprendía a sus contemporáneos.

El humor y la ironía se aprecian desde el prólogo, donde dice que su libro está escrito con fines moralizantes y luego añade:

*Enpero, porque es umana cosa el pecar, si
algunos, lo que non los consejo, quisieren
usar del loco amor aquí fallaran algunas
maneras para ello*

Transcribo más adelante los versos 372-387, seguidos de su adaptación al castellano actual, porque en ellos se narra la jornada del clérigo enamorado y se citan los oficios y rezos que en la iglesia se practicaban. Podemos suponer, sin temor a equivocarnos, que se trata de los oficios de una jornada típica.

Los rezos en las horas señaladas por los relojes de misa

Los escritos del Arcipreste no nos dicen cómo se determinaba el instante del comienzo de los rezos, pero, por un lado, tenemos su testimonio de los nombres de las horas y los rezos en cada una de ellas y, por otro lado, nos han llegado las tallas de los relojes de misa en las portadas de las iglesias.

No creemos que sea aventurado concluir que estos primitivos y sencillos relojes se utilizaban en las iglesias

rurales para encontrar el momento del comienzo de los oficios y oraciones reseñados por el Arcipreste.

Juan Ruiz, además de legarnos una obra maestra de la literatura medieval, nos permite, pues, suponer que los relojes canónicos que adornan tantas portadas y fachadas de las iglesias románicas, señalaban la hora de comienzo en las iglesias rurales de los ritos que menciona en su libro y que coinciden con los que detallan las reglas conocidas para las comunidades importantes.

Agradecemos todos a Juan Ruiz su obra, y también los gnomonistas, la indicación del posible uso de estos entrañables instrumentos de medida del tiempo.

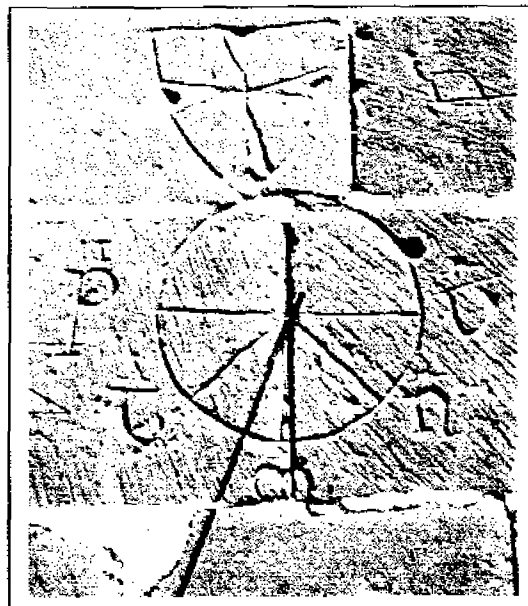


Fig 2. Reloj de Misa de Ibieca (Huesca) circa 1250. En la periferia del círculo pueden verse las iniciales "P", "T", "S", "N" y "V" que indican respectivamente las horas canónicas de Prima, Tercia, Sexta, Nona y Vísperas, en las cuales se rezaban las oraciones de los Oficios religiosos.

A continuación, y antes de transcribir los versillos anotados 372 al 387, indicamos el juicio que el Arcipreste ha merecido a alguno de sus comentadores:

Menéndez y Pelayo: Un clérigo libertino y tabernario
Puymaigre: Un librepensador, un enemigo de la Iglesia

Amador de los Ríos: Un severo moralista y clérigo ejemplar, que si es cierto que cuenta de sí propio mil picardías, lo hace para ofrecerse como víctima expiatoria de los pecados de su tiempo, acumulándolos sobre su inocente cabeza.

Las veladas (a veces claras) alusiones del texto, que se transcribe a continuación nos indican por un lado la libertad de lenguaje del libro de Buen Amor y el humor e ingenio con que son tratados los nombres de los Oficios regulares y sus oraciones y salmos, para servir los propósitos del autor.

¹ Goliardo (según el D.R.A.E.) Del fr. ant. *gouliard*. En la Edad Media, clérigo o estudiante vagabundo que llevaba vida irregular

TEXTOS

AQUÍ FABLA DE LA PELEA QUE EL ARCIPRESTE OVO CON DON AMOR

372 'Tal cres como el lobo, retraes lo que fazes,
estrañas a los otros el lodo en que yazes,
cres mal enemigo a todos quantos plazas,
fablas con grand sinpleza porque muchos enlazes.

373 A obra de piadat tu nunca paras mientes,
nin visitas los presos nin quieres ver dolientes,
sinon solteros, sanos, mançebos e valientes;
si loçanas encuestras, fâblasles entre dientes.

374 Rezas muy bien las oras con garçones folguines
cun his qui oderunt pacem, hasta que el salterio afines;
dizes: "*Ecce quam bonum*", con sonajas e baçines,
"*in noctibus extollit*", despuçs vas a matines.

375 Do tu amiga mora comienças a levantar,
"*Domine labia mea*" en alta boz a cantar,
primo dicrum omnium los estormentos tocar,
nostras preçes ut audiat, e fâzeslos despertar.

376 Desque sientes a ella, tu coraçón espacias,
con maitinada *cantate* en las friuras laçias,
laudes "*Aurora lucis*" e dasle grandes graçias,
con "*Miserere mei*" mucho te le engraçias.

377 En saliendo el sol, comienças luego prima;
"*Deus in nomine tuo*" ruegas a tu xáquima
que la lieve por agua e dé a todo çima:
va en achaque de agua a verte la mala esquima;

378 E, si es tal que non usa andar por las callejas,
que la lieve a las uertas por las rosas bermejas:
si cree la bavioca sus dichos e consejas,
quod Eva tristis, trae de *quicumque vul*, redruejas;

379 Si es dueña tu amiga que d'esto non se conpone
tu cantic'a ella cata manera que la trastorne:
os, lingua, mens la envade, seso con ardor pospone:
va la dueña a terçia, en caridat *legem pone*.

380 Vas luego a la iglesia por le dezir tu razón,
más que por oír la misa sin ganar de Dios perdón;
quieres la misa de novios sin gloria e sin son,
coxqueas a la ofrenda, bien trotras al comendón.

381 Acabada ya la misa, rezas también la sesta,
que la vieja te tiene a tu amiga presta;
comienças: "*In verbum tuum*" e dizes tú de aquésta:
"*Factus sum sicut uter*", por la grand misa de fiesta.

382 Dizes: "*Quomodo dilexi* vuestra fabla, varona;
suscipe me secundum, que, para la mi corona,
lucerna pedibus meis es la vuestra persona."
Ella te dize: "*Quam dulcia!*", que recudas a la nona

383 Vas a rezar la nona con la dueña loçana:
"*Mirabilia*" comienças; dizes de aquesta plana:
"*Gressus meos dirige*"; responde Doña Fulana:
"*Iustus es, Domine*"; tañe a nona la campana.

384 Nunca vi sancristán que a viesperas mejor tanga:
todos los instrumentos tocas con chica manga;
la que viene a tu viésperas, por bien que se arremanga,
con *Virgam virtutis tuae* fazes que aí retanga.

385 "*Sede a destris meis*" dizes a la que viene,
cantas: "*Laetatus sum*", si allí se detiene;
illuc enim ascenderunt a qualquier que a ti se atiene;
la fiesta de seis capas contigo la Pasqua tiene.

386 Nunca vi cura de almas que tan bien diga completas
vengan fermosas e feas, quier blancas o quier prietas
dígante: "*Converte nos*"; de grado abres las puertas;
después "*Custodi nos*" te ruegan las encobiertas

387 Fasta el *quod parasti* non las quieres dexar
ante faciem omnium sabeslas alexar,
ad gloriam plebis tuae fazeslas abaxar,
"*Salve, Regina*", dizes, si de ti se han de quexar

Comentarios y aclaraciones

El texto anterior bien merece unos comentarios y su adaptación al lenguaje actual:

372 Censura a don Amor porque reprocha a los demás aquello que él hace, (dice que como el lobo²), es enemigo de aquellos a los que satisface y habla con sencillez para lanzar sus redes.

373 Don Amor no practica la caridad con presos ni enfermos; se dedica a los jóvenes libres y sanos; susurra al oído de las jóvenes lozanas.

² El lobo (hoy alimaña protegida) era la representación de actividades hurañas y peligrosas.

374 El Amor-clérigo reza las horas con jóvenes rijo-sos, con los que aborrecen la paz, es decir, con los que "piden guerra", afina el instrumento (órgano sexual) y lo muestra diciendo: "mirad qué bueno, empínate en la noche", hace ruidos al usar el orinal y se va a maitines.

375 Estrofa de despertar sexual o calentamiento. En casa de su amiga se le empieza a levantar, pide que se le abran los labios (sexo femenino) y toca los instrumentos (órganos sexuales de su amiga) para que sean oídos sus deseos o ruegos.

376 Con el contacto de ella se alegra su corazón. "Cantad"-dice el autor- en los fríos glaciales de los maitines, el amante alabará el nacimiento de la luz y conquistará a la amiga con el "miserere mei" (ten piedad de mí).

377 Él comienza la prima al salir el sol, pide a su alcahueta que le lleve una mujer que finja ser aguadora (hay que entender que es otra diferente a la que ha sido su pareja en mailines y laudes y en cuya casa estaban).

378 Si esta nueva amiga no suele callejear, es decir, si es honesta, la alcahueta debe llevársela para que la desflores y, si es tan boba que cree a la Trotaconventos, como la triste Eva, se llevará de cualquiera los redrojos³.

379 Si la mujer no cede, la vieja la trastornará, le invadirá la boca, la lengua, la mente, opondrá la pasión a la razón y, por fin, en la terciá, se rendirá.

380 El amante va a misa para hacer conquistas. Es renuente a la hora de entregar ofrendas a la amada e impaciente para obtener el fruto de sus deseos eróticos.

381 Después de la misa, la sexta. La Trotaconventos ya le tiene preparada a la amiga (y van tres); él le dice que está como un odre, que revienta y que le espera una misa de fiesta, una misa de amor.

382 Dice él: ¡Cuánto he amado tus palabras, tóname que, por mi tonsura, eres lámpara para mis pies! Dice ella: ¡Qué dulce es esto! Vuelve a la nona para repetir.

383 Él la piropea: "mirabilia", pide que enderece sus pasos. Ella responde: justo eres, Señor. Y la campana toca a nona. En resumen, cortejo y acto sexual.

384 A partir de esta estrofa, el objeto de los deseos y prácticas eróticas del Amor-clérigo ya no es una u otra mujer, son todas. Dice la voz narradora que nunca vio a ningún sacristán tocar mejor a vísperas porque toca todos los instrumentos (órganos sexuales femeninos) con chica manga (órgano sexual masculino. Ninguna se le resiste).

385 Este amador pide a la que llega que se siente a su derecha y, si detiene, él se alegra. La que accede tiene una fiesta de seis capas. (Fiesta solemne religiosa. Alude al número de los que la celebraban. Esta fiesta no es religiosa, sino amorosa).

386 De nuevo la voz narradora elogiando al cura de almas (sic) por lo bien que reza las completas (ama) con guapas, feas, blancas o morenas. Ellas le piden que las convierta (ame). Él las recibe gustoso. Las tapadas le piden discreción.

387 El clérigo no las deja hasta que no acaba y es discreto. Para gloria de su pueblo, las tumba. Si ellas tienen quejas, él les dice: "Salud, Reina". No es la única muestra de misoginia de Juan Ruiz.

Las Oraciones

También nos ofrece el Arcipreste una relación de las oraciones y salmos propios en cada momento del día. Coincide sensiblemente con el breviario anterior a la última. A título indicativo recogemos el detalle de los salmos y oraciones que cita el Arcipreste para la hora sexta y siguientes:

SEXTA [Defecit in salutare tuum anima mea et] *in verbum tuum* [supersperavi] : Ps. 118, 81, (381) comienzo del fragmento de sexta.

[Quia] *factus sum sicut uter* [in pruina] Ps. 118, 83, continuación del precedente

Quomodo dilexi [legem tuam, Domine]- Ps. 118, 97, continuación del precedente

Suscipe me secundum [eloquium tuum et vivam] Ps. 118, 105, continuación del precedente

Quam dulcia [laucibus meis eloquia tua] Ps. 118, 103

NONA *Mirabilia* [testimonia tua] Ps. 118, 129, (383) comienzo del fragmento de nona, continuación del mismo salmo.

Gressus meos dirige [secundum eloquium tuum] Ps. 118, 133, (383) continuación del precedente

VÍSPERAS *Virgam virtutis tuae* [emittit Deus ex Sion] Ps. 109, 2 (384) y [Dixit Dominus Domino meo] *Sede a dextris meis*: Ps. 109, 1, (385) Este salmo es el primero de los cinco que se cantan en las vísperas del domingo.

Laztatus sum [in his quae dicta sunt mihi] Ps. 121, 1 (385 et) *Illuc enim ascenderunt* [tribus, tribus domini] Ps. 121, 4 (385) Este salmo es el primero de los cinco que se cantan en las vísperas del martes.

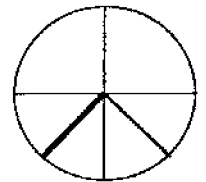
COMPLETAS *Converte nos* [Deus salutaris noster] Ps. 84, 5 (386) jaculatoria que se pronuncia por el oficiante antes del rezo de los cuatro salmos de completas (hoy son sólo tres)

Custodi nos [Domine, ut pupillam oculi] : (386) versículo que sigue a la lectura del capítulo, después del canto del himno y la salmodia

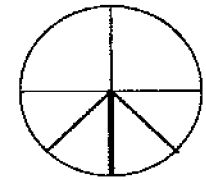
Quod parasti : fragment de Luc, II, 29-32, (387) también llamado Cántico de San Simeón con el que se terminan las completas propiamente dichas.

Ante faciem omnium [populorum] : (387) mismo texto [Et] *gloriam plebis tuae* (387). mismo texto

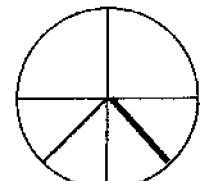
Salve, Regina [mater misericordiae] comienzo de una de las cuatro antífonas a la Virgen que se cantan según el propio del tiempo.



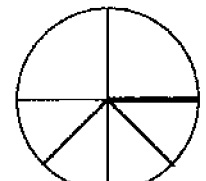
TERCIA



SEXTA



NONA



VÍSPERAS

³ Flor tardía que no llega a sazón. . Por extensión: Muchacho que medra poco

EL ASTROLABIO "CATÓLICO" I SU INFLUENCIA EN LA GNOMÓNICA

ALESSANDRO GUNELLA

Prólogo

El fruto más destacado de la operación geométrica llamada "proyección de la esfera sobre el plano" es, sin duda, el ASTROLABIO. No es éste el lugar para relatar la historia de este instrumento que, al parecer, partiría de Hiparco, y en cualquier caso del Helenismo. De todas maneras el astrolabio es uno de los instrumentos de vida más larga que han existido nunca: ha sido utilizado durante casi 1800 años. Sirvió al geógrafo, al astrónomo y al astrólogo y tal vez estos últimos fueron sus mayores usuarios.

Llegó al mundo occidental hacia el fin del primer milenio, y fue inicialmente objeto de una atención más bien amplia por parte de los tratadistas, pero que, al hacer balance, se muestra poco origina; fruto casi siempre de traducciones, a veces poco afortunadas, de textos árabes o hebreos (un ejemplo típico: Hermann Contracto, circa 1040).

Al ambiente occidental, los textos más elaborados llegan más tarde. El primero es el de Giordano Nemorario, que aparece al comienzo del siglo XIII, pero hemos de esperar al siglo XV para apreciar un impacto más general de este instrumento en la cultura occidental y para encontrar un estudio cuidadoso de sus propiedades.

La proyección usada para construirlo se conoce como **Proyección Estereográfica**: un espectador imaginario (Polo de proyección) situado en el Polo Sur del mundo observa la esfera transparente, cuyos puntos se proyectan sobre una superficie plana situada en el ecuador o paralela a éste plano (hubo en esta época dos escuelas: una que quería la superficie al nivel del ecuador y otra que la colocaba al nivel del Polo opuesto, sustancialmente los resultados coincidían). La elección del Polo Sur como polo de proyección es debida al hecho de que el instrumento nació y vivió en el área mediterránea europea, con expansión a la India, pero siempre en el hemisferio norte de la Tierra. Si se quiere construir un astrolabio válido para el hemisferio sur es preciso que el espectador se sitúe en el Polo Norte.

La propiedad más característica de la proyección estereográfica es que los círculos trazados en la esfera se proyectan también como círculos sobre el plano. Por tanto es fácil encontrar su proyección si se conocen tres puntos. Naturalmente la correspondencia entre los puntos del círculo original y los del proyectado, es biunívoca pero no se conservan las distancias ni las relaciones angulares, y el centro del círculo proyectado no se encuentra en la proyección del centro del círculo original.

Una observación obvia, pero no tanto: para construir una proyección estereográfica no es indispensable que el polo de proyección coincida con el Polo de la Tierra, es sólo útil.

Uno de los desarrollos "crítico" en la investigación teórica (aparecido en la España árabe del siglo XI) es el

que se conoce como la Azafea de Azarquiel (o As-saphia, o....). Se trata siempre de una proyección estereográfica, pero desde los puntos Este y/O Oeste de la Esfera, sobre el plano del meridiano local; la figura que se obtiene se limita a lo que se proyecta en el interior del meridiano local, es decir a la semiesfera opuesta al espectador y la eclíptica viene representada por su sección, como si fuese "siempre" perpendicular al Meridiano. Los paralelos (y particularmente los trópicos), son arcos de círculo que se diferencian del ecuador, que es una recta.

La Azafea queda casi olvidada (existe un pequeño tratado del siglo XIII, redactado por un médico marsellés que la recuerda) hasta los primeros años del siglo XVI. Gemma Frisio la saca de nuevo a la luz, con su conocido tratado (muy divulgado en su época, hoy ¿quién lo conoce?). Pero es un instrumento del que se fabrican escasos ejemplares (quizás porque es difícil de usar, y pocas personas tienen la paciencia de leer el libro y explorar sus propiedades).

Más tarde, siempre en el siglo XVI, Rojas (discípulo de Gemma) introduce una "variante" a la Azafea: se trata esta vez de la proyección **ortográfica** de la esfera, o sea desde un punto situado en el infinito al Este o al Oeste del meridiano local. En este caso, la proyección de los paralelos son rectas perpendiculares al eje de la Tierra, pero los meridianos son curvas que deben construirse por puntos con un trabajo largo y complejo; sólo hacia finales del siglo, después de los estudios de Commandino, se advierte (Guidobaldo del Monte) que se trata de arcos de elipse.

Sin embargo este tipo de instrumentos también tiene un escaso desarrollo. Me place recordarlo por la gran relación que tiene con el Analema de Tolomeo (o de Vitruvio, si alguien prefiere esta denominación), y por el desarrollo "gnomónico" que permite.

Es obvio que esta proyección interesa también a los cartógrafos, que precisamente en estos años inician la fase científica de la búsqueda de los métodos más apropiados para la representación de la Tierra. Pero este no es lugar apropiado para tratar de ese tema.

Al comienzo del siglo XVI, en plena época de desarrollo de la geometría "calculada" (Descartes, Nepper, Briggs, Mersenne... etc...) se puede encontrar, en contra corriente, el texto de Oughtred, que imagina el polo situado en el Zenit o en el Nadir del plano del horizonte local. En este caso son patentes las consecuencias y desarrollos gnomónicos, puesto que son, sustancialmente, el único objetivo del autor. En honor a la verdad, el diagrama se encuentra ya en un manuscrito del comienzo del XV del famoso constructor de instrumentos Hartmann de Nüremberg: que lo presenta como "brújula solar". Mas, ¡Oh poder de la letra impresa!, no llega a conocerse mas que el de Oughtred.

Toda ésta larga cháchara sirve para justificar el hecho del que únicamente nos ocuparemos aquí: la relación entre la Azafea y la Gnomónica. La relación entre el Astrolabio y la Gnomónica se reserva para un próximo, improbable, artículo.

Astrolabio Católico ¹

El esquema de la faz del Astrolabio Católico es el de la fig.-1. En esta figura se encuentra muy simplificado, los círculos se dibujan sólo cada 15° (los originales tienen líneas cada 2° o 5° de acuerdo con su dimensión). Se han incluido las posiciones de los trópicos para dar al lector una idea de la forma del diagrama final.

Explicemos brevemente como se puede obtener en la práctica el diagrama fig.- 2: el círculo HAPB es el meridiano local; la recta AB es el ecuador; la recta P_N/P_S es el eje polar. Los puntos situados en el meridiano local se proyectan sobre ellos mismos, y por tanto no están afectados de ninguna deformación: por ejemplo el punto P de un paralelo.

Si ahora abatimos 90° el meridiano Este / Oeste, perpendicular al meridiano local, podemos suponer que el punto B asume momentáneamente la función de polo de proyección: así obtenemos el punto P'. Los arcos de círculo que pasen por P y P' son la proyección de los paralelos.

Podemos adoptar un razonamiento análogo para los meridianos, dividiendo provisionalmente el cuadrante P_NA en arcos iguales, por ejemplo de 15° cada uno: podemos imaginar que este cuadrante sea el abatimiento entorno a AB del plano del ecuador: esta vez utilizamos P_N como polo provisional y para todo punto H individualizamos el punto H' correspondiente. Así encontramos un número suficiente de puntos para trazar los meridianos y paralelos.

Una curiosidad: Guidobaldo del Monte aconseja al lector (después de haber construido un dibujo de suficiente tamaño (30 cm de diámetro) que sitúe el ojo a una distancia del papel aproximadamente igual al radio del círculo (es decir en la posición del polo de proyección): en esta posición se tiene la sensación de que la figura es efectivamente el interior de una semiesfera. La sensación se tiene también con un astrolabio polar, pero sólo para la parte de la lámina en la que la presencia de Almicantrates y verticales suministra la referencia adecuada. Se podría observar que Guidobaldo no ha descubierto nada nuevo, porque ya los antiguos llamaban "ojo" al polo de proyección del astrolabio.

Si ahora imaginamos que la misma figura (debidamente simplificada para mostrar más claro aquello que queremos destacar) se gira, como en la fig.- 3, de manera que el eje polar ocupe la posición del estilo de un hipotético reloj de sol horizontal, el plano del reloj, cuya traza es la recta KK, corta a la línea de los círculos horarios en los puntos señalados como H.

Para conocer la verdadera posición recíproca de un punto H sobre el círculo máximo de intersección de la esfera con el plano del reloj, hay que efectuar el abatimiento de este plano entorno a la recta KK, y proyectar el punto H sobre la circunferencia, desde el polo E situado sobre la perpendicular a KK.

Así obtenemos el punto H', que, unido al centro C del reloj (donde el eje polar -el estilo- atraviesa al plano horizontal) permite encontrar las líneas horarias. Así se obtiene el reloj horizontal dibujado a la derecha

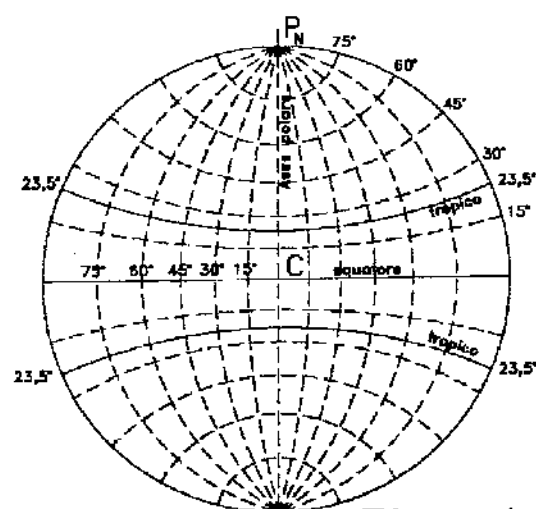


Fig. 1

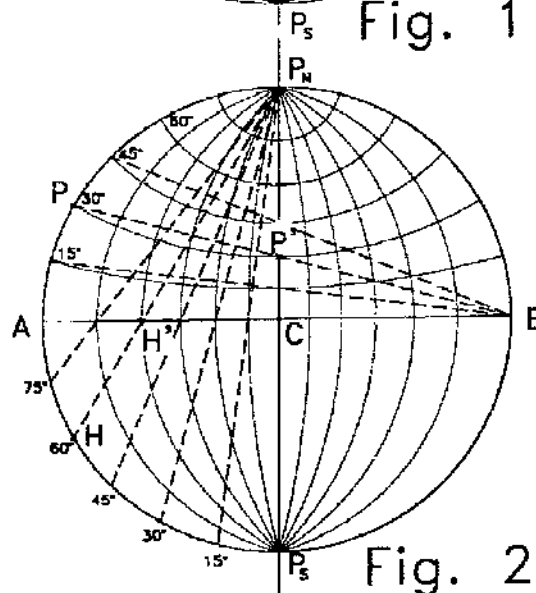


Fig. 2

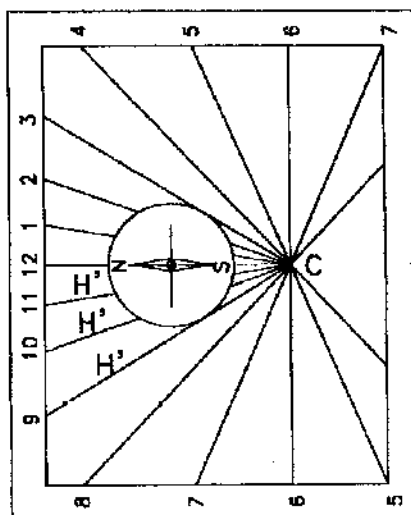


Fig. 3

Fig 4. No quiero alargarme explicando esta figura que es semejante a fig.- 3, pero para el reloj vertical no declinante. Se opera de la misma manera, considerando esta vez como traza del plano del reloj la recta EC y como polo de proyección el punto K. El estilo es el trozo CP_S del eje polar.

Variante

Una variante de lo expuesto es la solución propuesta por Tony Belk en el nº 13 del B.S.S., Bulletin. Belk utiliza un diagrama prefabricado de carácter cartográfico conocido como "red de Wulff" (que es un nombre usurpado, porque no es otra cosa que el diseño de la Azalea de la fig.- 1), y lo utiliza operando rotaciones de una hoja de papel transparente a fin de individualizar las direcciones y dimensiones de las líneas horarias. Nada que objetar al principio general, que parece correcto; obviamente los resultados son aproximados; pero el autor pretende evidentemente exponer los principios, y no la precisión del resultado.

Permítaseme revisar desde el principio su solución, utilizando un método menos extemporáneo y más coherente con la "geometría" del problema y con las reglas de la perspectiva. Sobre todo con la esperanza de alcanzar mejores resultados. Aquí es precisa una digresión. Las digresiones son mi especialidad

En las fig. 5 y 6 la proyección estereográfica del semicírculo SC (mitad del horizonte local) es el arco AS'B. En la fig. 5 está dibujado en perspectiva el reloj construido sobre el plano del horizonte local de traza CS, como se presenta al ojo situado en A. El punto S' es la proyección de S y es, evidentemente el punto de la hora 12, el Norte del reloj; las líneas CH son la perspectiva de las líneas horarias. En otros términos, las rectas CH son las líneas horarias del reloj, pero están "tumbadas", porque el observador mira desde A el plano CS.

En la misma figura se encuentra la proyección R' del polo R del horizonte local CS. ¿Qué representa? El hecho es que, por razones de simetría, si hacemos pasar círculos por el polo del meridiano y del plano del reloj, y por el extremo H de los arcos del círculo proyectado, estos determinan, sobre el círculo de referencia (círculo máximo del plano de trabajo) los arcos H'H' iguales a los arcos HH. La representación estereográfica de tales círculos viene dada por la red que pasa por R' (fig.-6), que individualiza así el punto H'; en consecuencia es posible "enderezar" las líneas horarias uniendo C, centro del reloj, con los puntos H'.

Es obvio hacer observar que en esta figura (como en toda la elaboración geométrica necesaria para construirla) el círculo AP_NBP_S asume una cierta ambigüedad; puede ser tanto el meridiano local como el círculo horario de las 6, y finalmente puede ser también el plano del reloj. Se trata de una serie de abatimientos no siempre fáciles de seguir y asimilar. En la práctica se ha realizado el abatimiento de AS'B sobre AP_NB.

Las líneas horarias del reloj son por consiguiente las CH'.

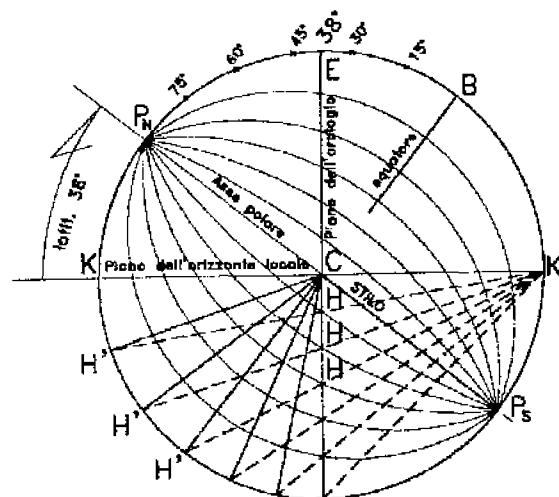


Fig. 4

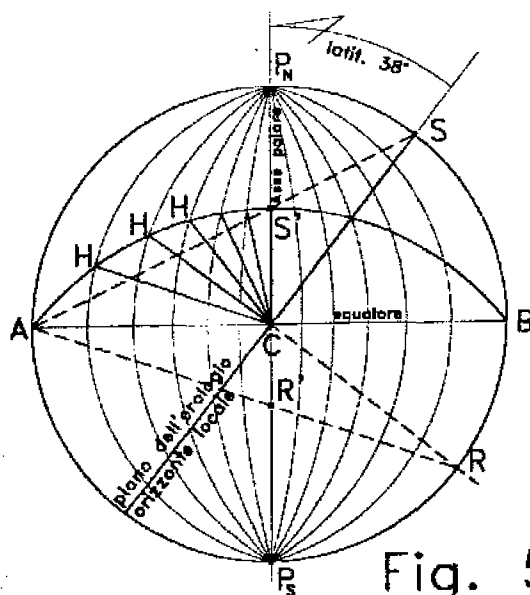
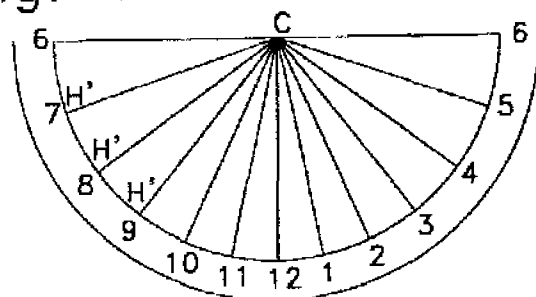


Fig. 5

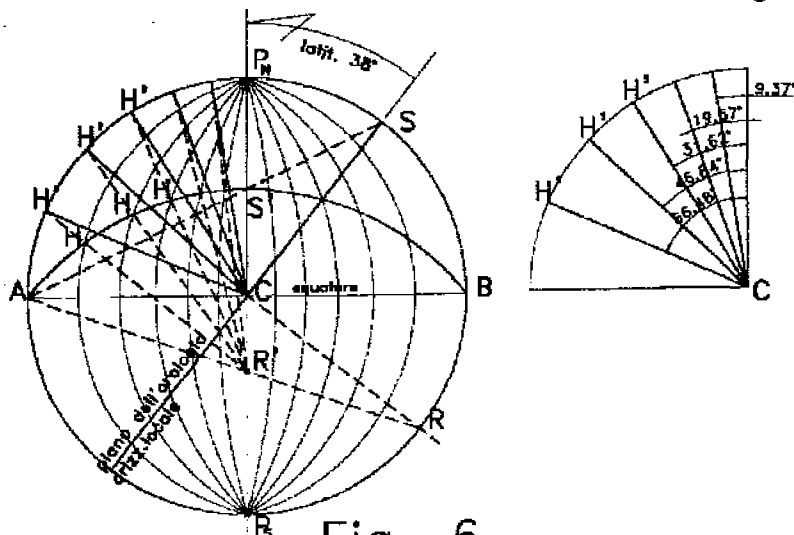
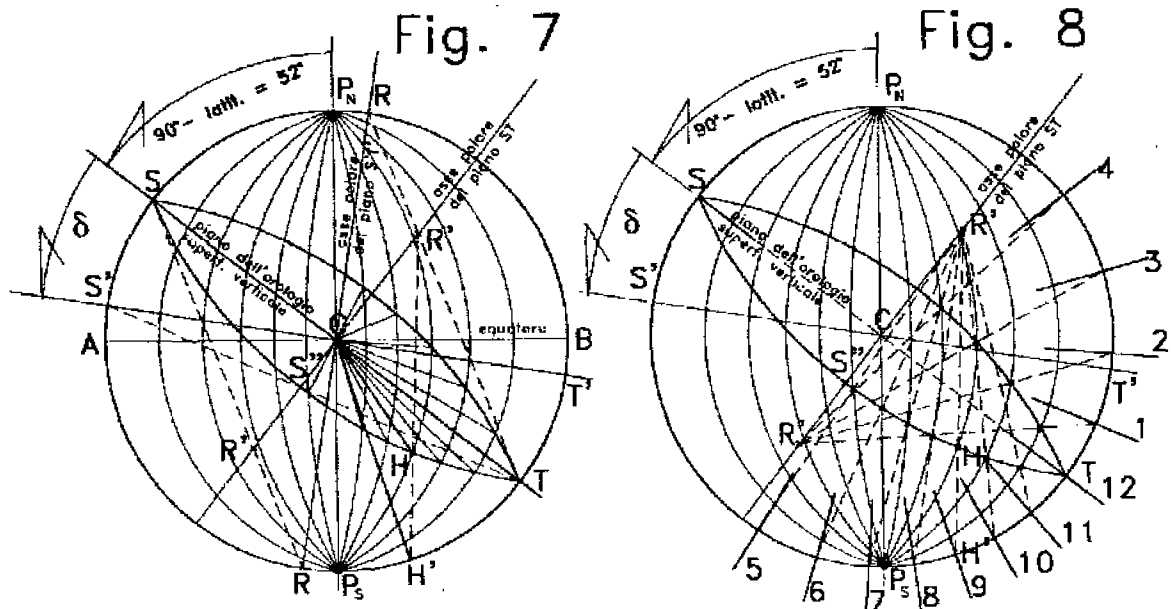


Fig. 6

Las fig.- 7 y 8 van por otro camino, propongo un reloj vertical que declina el ángulo δ . Para construirlo se ha recurrido a una "doble proyección", de Este y de Oeste, y se ha subdividido la operación en dos partes con la esperanza de hacerla inteligible

La construcción es complicada y cualquier resumen inútil. Pero queda demostrada la posibilidad, por lo menos teórica, de construir cualquier tipo de reloj a partir de éste tipo de proyección estereográfica. Se omite el detalle de la construcción. También el problema de la longitud real de la línea horaria, o sea de la influencia de la declinación solar, es abordable, pero como en el caso anterior, tampoco es el lugar de detallarlo. Se da un ejemplo en la fig. 9 (referente al reloj de la fig. 6), advirtiéndole que el uso de un camino alternativo en lugar del que se expone, sería aplicable y quizás mucho más sencillo.

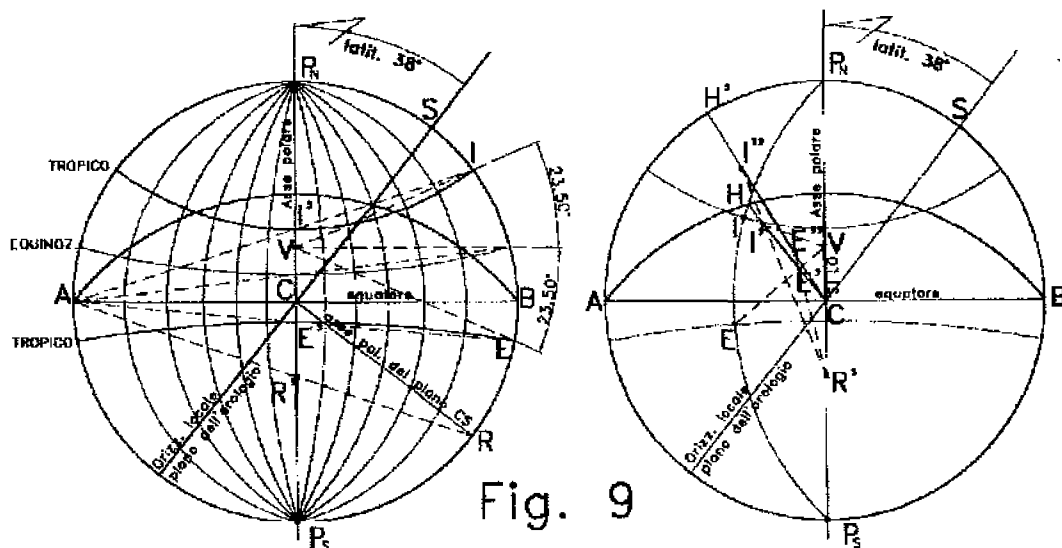


Fijada la posición del vértice V del gnomon a lo largo del eje polar (la distancia VC es la longitud elegida), se trazan (figura de la izquierda) los límites del *maneuus* y se individualizan las intersecciones del cono de declinación máxima con la esfera. Como el cono es coaxial con la esfera, estas intersecciones son de hecho círculos paralelos al ecuador, y por tanto fáciles de trazar con la misma regla adoptada para la fig.- 2. También se ha trazado la posición de la equinoccial, que sin embargo no ha sido transportada a la figura de la derecha.

En la figura de la derecha se ha desarrollado el dibujo relativo a una sola línea horaria, porque extender el dibujo a todas las líneas horarias haría engorrosa la exposición: desde V se unen los puntos I y E en los que la línea horaria atraviesa la línea de los trópicos.

Las dos rectas cortan a la HC en I' y E'. En este momento hay que tener presente que los puntos de la verdadera línea horaria CH' son la proyección de la CH desde el polo de proyección R'.

Así se obtienen los dos puntos I'' y E'', que son los extremos de la máxima declinación. Se deja al lector la tarea de encontrar como determinar los dos puntos extremos a lo largo de la línea del mediodía, que coincide con el eje polar (Una pista: ver la intersección del *maneuus* con la SC, en la figura de la izquierda).



EL "ANALEMA NOVUM"

Un ábaco tan antiguo como poco difundido

LUIS HIDALGO

Ozanam en su libro en su libro de " *Methode generale pour tracer des cadrans*" Paris MDCLXXXV capitulo IV pag 127 y también en pag. 290 y siguientes del tomo primero de " *Recreations Mathematiques et Phisiques*", Paris MDCXCIV, refiriéndose a ciertos *cadrans* curiosos dice: "No daremos más que los *cadrans* menos corrientes sin detenernos en su demostración, porque dependen de varios principios diferentes, y de diferentes proyecciones de la esfera, que sería muy largo de explicar aquí".

La opinión de la mayoría de los autores actuales no considera a estos ábacos gráficos como cuadrante en sentido estricto, es decir, aquellos que mediante la sombra arrojada por un estilo son capaces de proporcionar la hora, sino que, como opina también Fantoni, se trata de clinómetros con plomada, en los que hay que colocar un punto preciso conforme a la latitud y a la fecha

Todos estos clinómetros ya sean de uso local para una determinada latitud como el Capuchino, o de uso universal como el "Analema Novum" o el Regiomontano en sus diferentes variantes, incluso la Navicella Veneciana, de menor rigor matemático, tratan de relacionar la altura del Sol (h) con la hora solar verdadera (t). En la actualidad estos instrumentos son un recuerdo romántico que no tienen la precisión que aportan la calculadoras de bolsillo en las que si se introduce la altura solar en un determinado momento se puede calcular la hora en cualquier día y en cualquier latitud con mayor exactitud. No obstante, aunque algunos de estos especímenes sean un recuerdo nostálgico encerrados en las vitrinas de los museos, son un exponente del desarrollo científico de una época.

El objeto del presente artículo es llenar el vacío que nos dejó el legado de J Ozanam al no justificar el ábaco del Analema Novum del R.P. Saint Rigaud

Justificación

Llamaremos t al ángulo BOL y h al que forma DG con la vertical, o sea el mismo que formará la recta AB con la horizontal o la línea del horizonte local cuando por medio de las pinulas se toma la altura del sol. Nos centraremos en hallar la relación entre estos dos ángulos h y t y el radio $r = 1$

$$DG = DE$$

$$IG = HK = OH + OK$$

$$IG = DG \sin h = DE \sin h = OH + \cos t \quad [1]$$

$$HD = AC = \operatorname{tg} \delta$$

$$OH = HD \operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} t \operatorname{tg} \varphi$$

$$BE = \operatorname{tg} \varphi$$

en el triángulo rectángulo DOE :

$$DE^2 = OD^2 + OE^2$$

pero en el triángulo rectángulo DHO

$$OD^2 = OH^2 + HD^2$$

y también en el rectángulo OBE :

$$OE^2 = OB^2 + BE^2$$

$$\begin{aligned} DE^2 &= OH^2 + HD^2 + OB^2 + BE^2 = \\ &= \operatorname{tg}^2 \delta \operatorname{tg}^2 \varphi + \operatorname{tg}^2 \delta + 1 + \operatorname{tg}^2 \varphi = (1 + \operatorname{tg}^2 \delta) (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) = \\ &= (1 + \operatorname{sen}^2 \delta / \cos^2 \delta) (1 + \operatorname{sen}^2 \varphi / \cos^2 \varphi) = \\ &= (\cos^2 \delta + \operatorname{sen}^2 \delta / \cos^2 \delta) (\operatorname{sen}^2 \varphi + \cos^2 \varphi / \cos^2 \varphi) = \\ &= 1 / \cos^2 \delta \cos^2 \varphi \end{aligned}$$

y en consecuencia:

$$DE = \sqrt{1 / \cos^2 \delta \cos^2 \varphi} = 1 / \cos \delta \cos \varphi$$

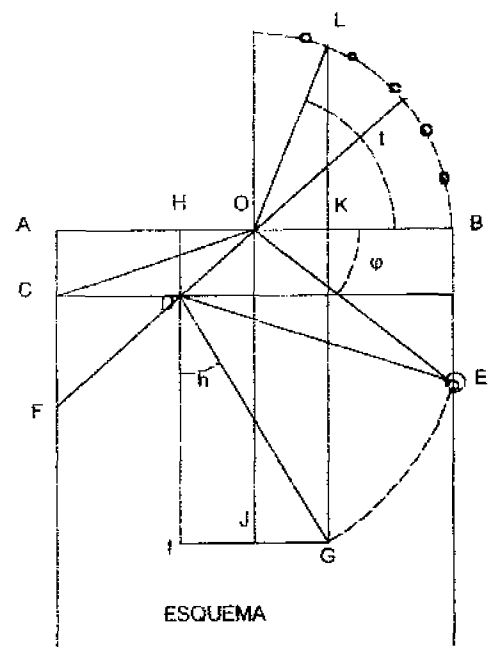
y sustituyendo en [1]:

$$IG = \sin h / \cos \delta \cos \varphi = \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi + \cos t$$

$$\sin h / \cos \delta \cos \varphi = (\sin \delta \sin \varphi) / (\cos \delta \cos \varphi) + \cos t$$

de donde, operando y simplificando se obtiene

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t$$



UN RELOJ ECUATORIAL PARA EL POLÍGONO INDUSTRIAL "REY JUAN CARLOS I" DE ALMUSSAFES (VALENCIA)

JOAN OLIVARES

El polígono industrial de Almussafes está ocupado mayormente por empresas del sector automovilístico. Cuando se nos propuso el diseño de una escultura-reloj solar que había de ocupar un lugar céntrico en la mediana de una de las vías centrales de la ampliación del parque, trabajamos desde el primer momento sobre la idea de una estructura metálica, de grandes dimensiones y forma circular.

Así mismo, dado que la obra había de ser vista desde todos los ángulos, creímos que el modelo ecuatorial sería el más adecuado, ya que, además de ofrecer indicaciones horarias a dos bandas, podía conformar por sí mismo un volumen escultórico sin ningún añadido en su estructura básica.

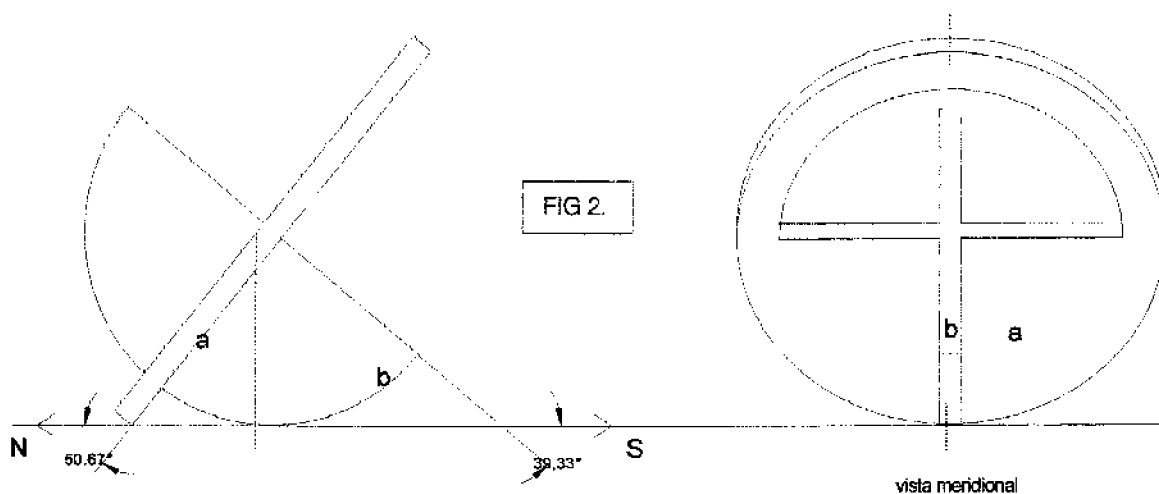
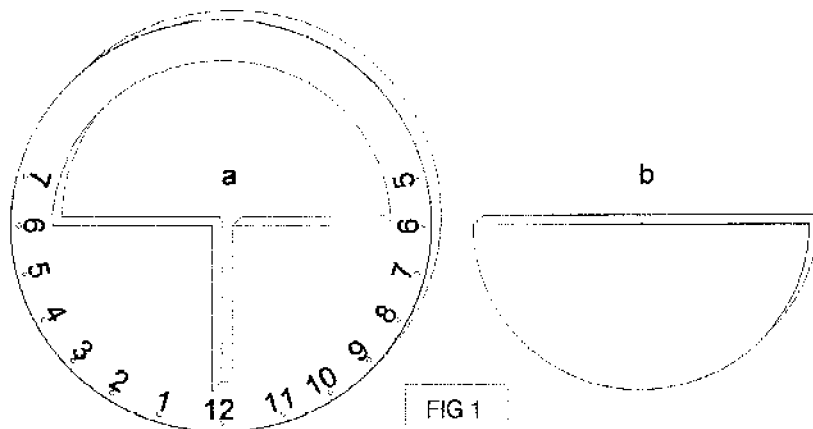
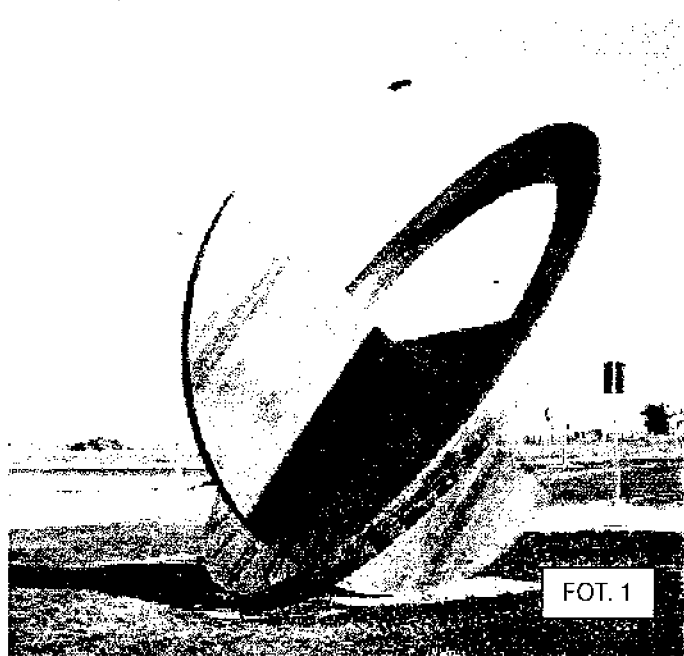
Los materiales escogidos fueron el acero inoxidable para el elemento "a" (esfera del reloj) y el acero corten (de oxidación contenida) para el elemento "b" gnomon y base del calendario.

El resultado final se ve en la fotografía 1.

Los elementos "a" y "b" se muestran por separado en la figura 1:

El volumen del elemento "b", de forma semicircular, se corresponde exactamente con el espacio vacío del elemento circular "a". Las proporciones se han calculado para que cuando el conjunto se deja libremente sobre el suelo, el ángulo que forma el diámetro de la pieza "b" con la horizontal sea igual a la latitud del lugar: $39,33^\circ$. Naturalmente, el elemento "a", que es perpendicular al "b", formará con la horizontal un ángulo igual a la colatitud del lugar: $50,67^\circ$. De esta manera, si el conjunto se orienta adecuadamente (en la dirección norte-sur), la circunferencia del elemento "a" quedará paralela al ecuador, y el diámetro del elemento "b", quedará paralelo al eje de rotación de la Tierra (FIG-2.) Estos dos elementos constituirán así, respectivamente, la esfera y el gnomon de un reloj solar ecuatorial.

El engarce de los elementos se ve también en la figura 2:



Las dimensiones de las piezas, en metros, se dan en la figura 3:

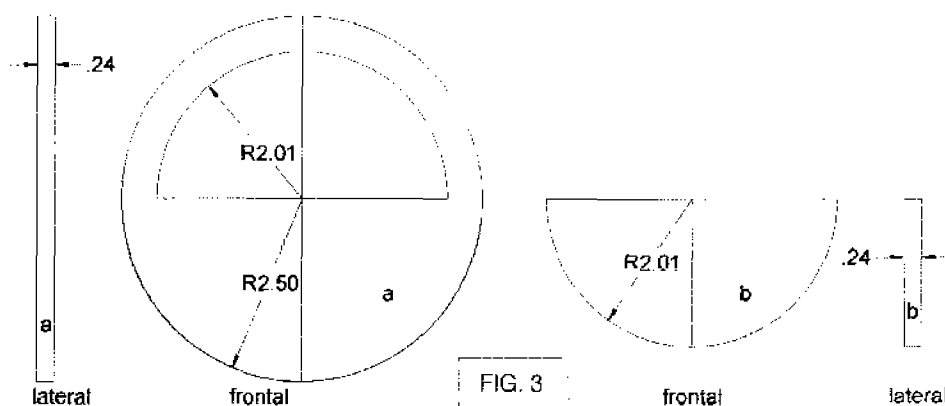


FIG. 3

ecuatoriales, la lectura se efectúa en la cara superior durante la mitad estival del año y en la inferior durante la mitad hiberna. Durante los días próximos a los equinoccios no se puede leer la hora.

El reloj incorpora un calendario que indica los solsticios y los equinoccios. Las marcas zodiacales correspondientes se han incorporado sobre el propio gnomon, tal como se indica en la figura 4

La hora se obtiene con la lectura de la sombra recta que el diámetro del elemento "b" (gnomon) produce sobre las indicaciones horarias del elemento "a" (estera.)

Como la mayoría de los relojes

Los solsticios y los equinoccios los marca la sombra que el elemento "a" produce sobre las correspondientes indicaciones zodiacales del lomo del elemento "b"

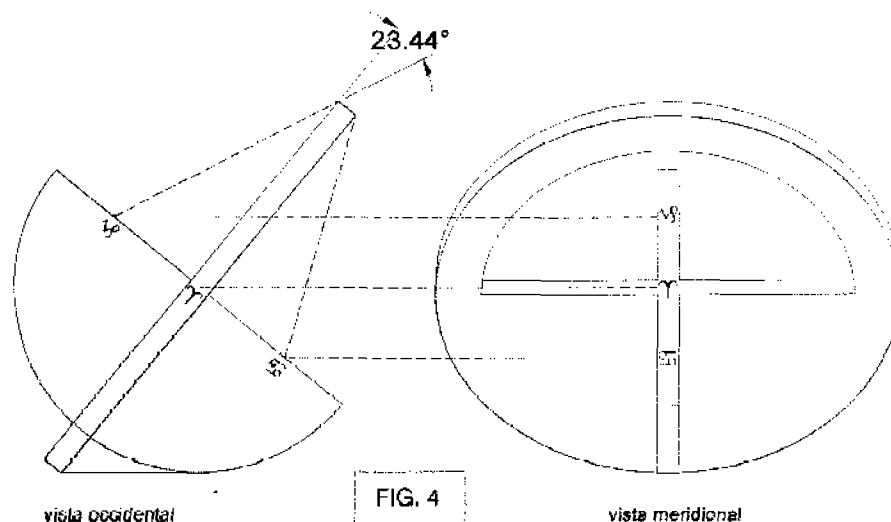
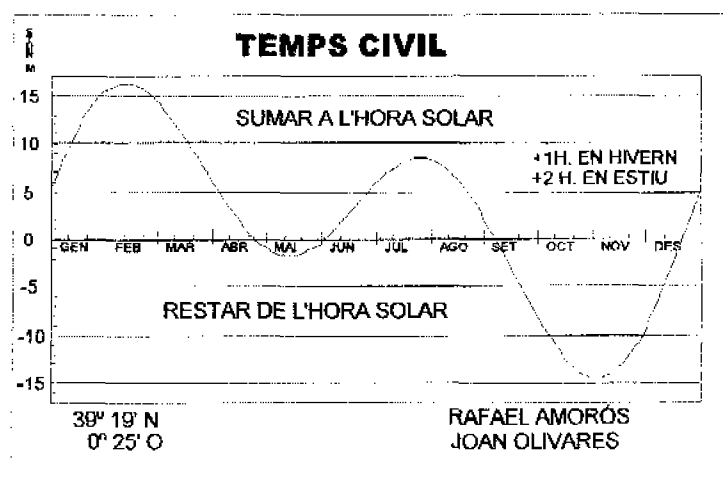


FIG. 4

En la base del reloj se ha incorporado un gráfico (FIG-5) que nos permite hacer las correcciones horarias de la ecuación de tiempo y de la longitud geográfica en una sola lectura para obtener la hora civil a partir de la solar.

En el mismo gráfico se indican las coordenadas geográficas del lugar y el nombre de los autores.

Los autores de este diseño son Rafael Amorós y Joan Olivares, que ya han colaborado en otros relojes como el del "Parc de les Moreres", de Benissoda, el "Digital", de Benigànim, el "Multiestilar", de Benigànim, etc. El proyecto se ejecutó en "Talleres Agullent", de Agullent (València.)



NOTAS Y COMENTARIOS

1. UNA TESIS DOCTORAL SOBRE GNOMÓNICA

Tenemos la satisfacción de comunicar a nuestros lectores que por primera vez ha sido propuesta una Tesis Doctoral sobre temas de Gnomónica.

Esta tesis ha sido presentada en la Universidad de Granada por nuestro distinguido colaborador y asociado, el ya Dr. Arquitecto Dn. Carlos Esteve Secall, y ha obtenido la calificación de *Sobresaliente "cum laude"*.

Felicitamos al reciente laureado, y también nos felicitamos mutuamente, al comprobar que las ciencias y artes de la Gnomónica han recibido el trato académico que les corresponde por su prestigio intelectual y nobilísima trayectoria científica a través de los tiempos.

El índice de los temas tratados en la Tesis es el siguiente:

INTRODUCCIÓN

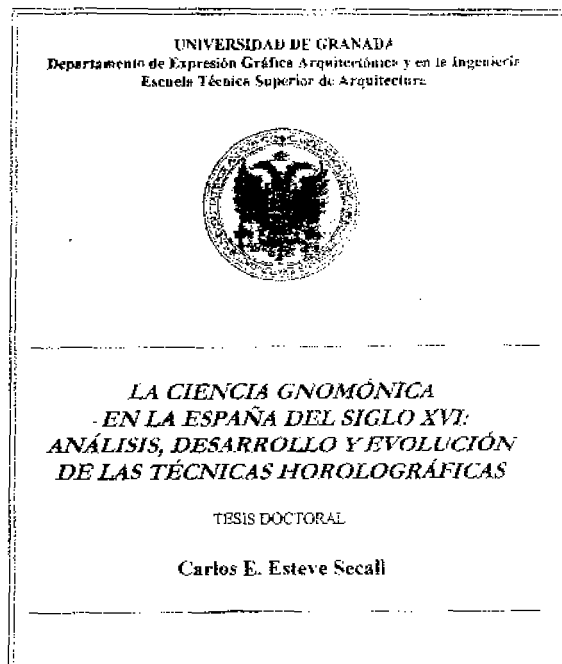
1. LA INVENCIÓN DEL TIEMPO: UNA NECESIDAD
2. HISTORIA DE UN INSTRUMENTO: EL CUADRANTE SOLAR
3. LA GNOMÓNICA: UNA CIENCIA
4. LOS CUADRANTES SOLARES
5. HOROLOGÍA GNOMÓNICA: SU REPRESENTACIÓN
6. LA CIENCIA GNOMÓNICA ESPAÑOLA: DESARROLLO O ATRASO
7. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS CUADRANTES SOLARES:

ANÁLISIS DEL PROCESO HOROLOGRÁFICO

CONCLUSIÓN

BIBLIOGRAFÍA

Todos estos temas están ampliamente elaborados en 46 epígrafes que desarrollan exhaustivamente el contenido de este excelente y original trabajo de investigación.



Agradecemos también al Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la Escuela Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada y al Director, de Tesis M. Ruiz Morales que han contribuido a la elaboración de esta original Tesis Doctoral, que prestigia a toda la Institución Académica, y muy especialmente a su Autor.

2. SEGUNDO ENCUENTRO GNOMÓNICO EN MURCIA

Nuestros Asociados A. J. Cañones y L. López Asensio han organizado una Reunión de Gnomonistas que se ha de celebrar los días 1, 2 y 3 del próximo mes de Mayo.

El lugar de la Reunión será ciudad de Murcia, como se hizo conocer mediante las páginas de Internet *lopezasensio@yahoo* y *andana@ono.com*, y también se comunicó por carta a los asociados que nos indicaron su deseo o posibilidad de participar en este segundo Encuentro Gnomónico.

Recordamos que el Primer Encuentro Gnomónico, de grata memoria, se celebró en Palma de Mallorca, los días 23 al 25 de Abril de 1999. Fue patrocinado por R. Soler Gayá, y a él asistieron 58 personas, de diversas nacionalidades. Según la crónica del mismo publicada en "Analema 25", en las discusiones y conferencias se podía oír (aunque no siempre entender) el alemán, francés, inglés, portugués, castellano-panocho, castellano-mesetario y catalán con y sin acento mallorquín...

Los patrocinadores de este segundo encuentro han previsto un variado e incluso ameno programa de actividades, que incluye una recepción en el Museo de la Ciencia, una exposición de antilugos gnomónicos y visitas gnomo-turísticas por los alrededores de la ciudad.

Esperamos que como el anterior de Mallorca, esta Reunión sea un completo éxito. En "Analema" 38 publicaremos una completa crónica, si el cronista sobrevive a los horrores digestivos de un "caldero" o unas "migas ruleras", ya que en el programa de actos nos amenaza con una comida en la que figurarán "toda clase de productos animales, vegetales y minerales, de la vega y región murciana".

Animamos a nuestros Asociados que tengan tiempo y puedan concurrir, aunque no tumultuariamente a esta segunda reunión. No es necesario que sepan hablar el "panocho".

AC y ML

3. ÍNDICES DEL BOLETÍN "ANALEMA"

Han sido corregidos, puesto al día y publicados en un CD los índices cronológicos, por títulos y por autores de nuestro Boletín informativo "Analema".

Comprenden los números 1 al 36, que corresponden a 12 años de publicación, ya que el Boletín se publica cuatrimestralmente.

En este CD se recogen también gráficamente los facsímiles o reproducciones gráficas de todos los números, hasta el 36, que de este modo podrán ser consultados con facilidad. Respondemos así a las numerosas peticiones de números atrasados que frecuentemente, no podemos atender, por estar agotados desde hace mucho tiempo.

Los asociados que deseen más información sobre este CD pueden dirigirse a la Secretaría de la Asociación,

El precio previsto es de 8 € para los miembros de la Asociación y 12 € para el resto, más 2,5 € por gastos de envío dentro de la Comunidad Europea.

4. "SHADOWS OF TIME"

CONCURSO INTERNACIONAL PARA CONSTRUCTORES DE RELOJES DE SOL – VIII AÑO. Patrocinado por la Union Italiana de Astrónomos aficionados y por la Sociedad Astro-nómica Italiana.

Estas sociedades nos han enviado un anuncio de su octavo concurso internacional, que reproducimos seguidamente:

FINES : Difundir el conocimiento de los aspectos astronómicos, históricos y artísticos de los relojes de sol. Promover la conservación y restauración de los relojes existentes, así como la construcción de nuevos ejemplares.. Promocionar su uso con fines didácticos y para la difusión de los conocimientos astronómicos.

COMO PARTICIPAR EN EL CONCURSO:

Esta competición está abierta a todo constructor de relojes que haya construido uno o más ejemplares (sus proyectos también pueden ser presentados fuera de concurso)

Cada participante debe enviar por lo menos una diapositiva o fotografía en color del reloj (máximo 3 relojes diferentes) tamaño 10 x 15 en 6 copias, mas el negativo de cada fotografía.- Se aceptan también modelos de cartulina.. Se mencionarán los mejores de estos modelos. No se devolverá el material recibido. Además se enviará una ficha de descripción en Inglés o Italiano (ver ficha). Cada participante debe elegir si escoge la sección profesional a la "amateur" La fecha límite de admisión es: 30 de Junio de 2003.

JURADO Y PREMIOS:

La lista de los miembros del jurado que han de seleccionar el material y conceder los premios es la siguiente: Francesco Azzarita, (fundador de la sección de relojes de sol de la Unione Astrofile Italiana) Piero Bianucci, (periodista) Mirco Antiga (U.A. Bresciani) Giuliano Romano (astrónomo) y Piero Tempesti (astrónomo). Proyecto y organización a cargo de Loris Rampioni (U.A. Bresciani)

El comité se reunirá en otoño de 2003 para publicar la lista de ganadores y adjudicar los premios que se concederán a primero, segundo y tercer calificados. Las mejores obras de los profesionales no competirán por los premios, pero se hará una mención especial para ellos.

Para cada ganador el premio consistirá en una colección de "Tuttoscience" donada por la compañía de publicaciones "La Stampa S.P.A. y una colección completa de las publicaciones sobre relojes de la Unión de Astrónomos de Brescia. Todos los ganadores recibirán también un obsequio del Estudio y Centro de Investigación Serafino Zanni

La entrega de premios tendrá lugar en Lumezzane, cerca de Brescia.

COMITÉ DE EXHIBICIÓN, CATÁLOGO Y CONCURSO

Todo el material seleccionado será usado para prepara una exhibición en el Planetarium de Lummezzanne. La descripción de las obras será presentada en "Il Sagittario" publicado por el Estudio Serafino Zanni. Envíe todos los documentos relativos a este concurso a:

Centro Studi e Ricerche Serafino Zanni
Via Bosca, 24. CP. 104
25066 Lumezzane (Brescia)
e-mail ; info@serafinizanni.it
Web www.cityline.it (páginas de ciencia)

5. NOTA. ACLARATORIA

Según nos indica A. De Vicente, en "ANALEMA 34" Página 24, Punto 6 de *Gnomónica Vectorial* X, existe una explicación confusa que se aclara a continuación. En lugar de lo que allí se expone, debe decir:

- 6) Propiedades de las Líneas Babilónicas, Itálicas y Sidéreas

1º) Condición para que las Babilónicas e Itálicas sean simétricas con relación a la Subestilar

Las pendientes en el plano $Z_a = 0$ respectivamente de las Babilónicas e Itálicas son:

$$(L.14.1) \quad \operatorname{tg} \mu_b = \frac{\operatorname{sen} \varphi_b}{\operatorname{sen} \alpha (1 - \cos \varphi_b)}$$

$$(L.14.2) \quad \operatorname{tg} \mu_i = \frac{\operatorname{sen} \varphi_i}{\operatorname{sen} \alpha (1 + \cos \varphi_i)}$$

que es la misma ecuación, pero con distinto origen. Para que estas líneas sean simétricas con relación a la Subestilar, debe verificarse que : $\operatorname{tg} \mu_b = - \operatorname{tg} \mu_i$ Y aumentando el ángulo φ_i en 180° con objeto que las Itálicas a partir de la hora 12 se encuentren en la parte visible del plano (A)_H se tiene:

$$\frac{\operatorname{sen} \varphi_b}{\operatorname{sen} \alpha (1 - \cos \varphi_b)} = \frac{\operatorname{sen} \varphi_i}{\operatorname{sen} \alpha (1 + \cos \varphi_i)} = \dots$$

$$\dots = \frac{\operatorname{sen} (\varphi_i + 180^\circ)}{\operatorname{sen} \alpha (1 + \cos (\varphi_i + 180^\circ))} = \frac{-\operatorname{sen} \varphi_i}{\operatorname{sen} \alpha (1 - \cos \varphi_i)}$$

ecuación que se cumple para

$$(L.15.1) \quad \varphi_b + \varphi_i = 360^\circ \quad \text{ó}$$

$$(L.15.2) \quad (t_b + t_i) = 24^h$$

A.de V.

6. NUEVA CUENTA BANCARIA

Por motivo de diversas circunstancias, bancarias y extrabancarias, la Asociación ha decidido cambiar su cuenta corriente clausurando la anterior, cuyas siglas eran Asociación de Amigos de los Relojes de Sol c/c 2091 / 0811 / 0049 / 3040007744

Esta cuenta será clusurada 1 de Junio

A partir del 15 del presente mes de mayo, la cuenta corriente bancaria de la Asociación es la siguiente:

CAIXA DE CATALUNYA
Real 2 . 28230- LAS ROZAS
ASOCIACIÓN DE AMIGOS DE LOS RELOJES DE SOL
C/C: 2013 / 0723 / 5702 / 00 57536

Para resolver cualquier duda o incidente, le rogamos se ponga en contacto con nuestro Tesorero:

Antonio de Vicente Candeira
Pocito San Roque, 36. 1º B
28230 - Las Rozas (Madrid)
Tfn. 916 37 46 30

Ade V.

7. LA CALLE DE MIRA EL SOL, EN MADRID.

En Madrid, en el castizo barrio de El Rastro, hay una calle que se llama Mira el Sol.



En el libro de Pedro de Répide LAS CALLES DE MADRID se puede leer:

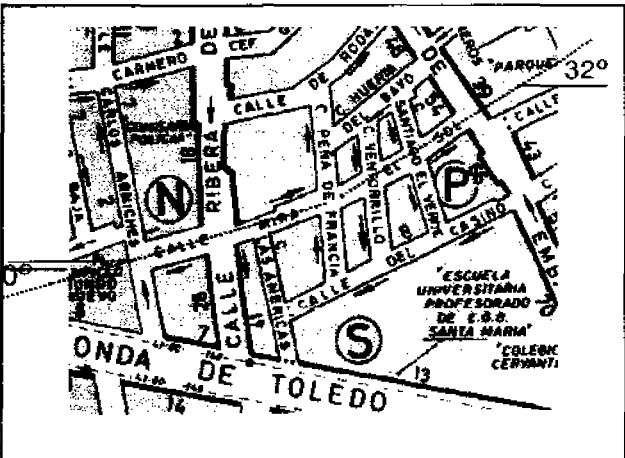
"MIRA EL SOL De la calle de Embajadores a la Ribera de Curtidores, b. de la Huerta del Bayo, d. de la Inclusa, p. de San Millán. La tradición de su nombre es análoga a la de Mira el Río, diciéndose que después de meses de nublados, lluvias y nieves, el día 2 de febrero amaneció un día claro y de sol resplandeciente, y las gentes de esta villa decían: "¡Mira el Sol!, ¡Mira el Sol!" en tanto que el Ayuntamiento de Madrid, con el Cabildo, devolvía en triunfo la Virgen de Atocha, desde la parroquia de Santa María a su capilla"

Esta explicación del origen del nombre de la calle, elemental y simplista, permite plantear la pregunta:

¿El nombre de la calle podría estar originado por alguna circunstancia relacionada con la gnomónica?

Creemos que sí. En el plano callejero puede medirse el acimut de los ejes extremos de la calle 32° y -10° (tomando como origen el eje E W y como sentido positivo el del giro de las agujas del reloj).

Las casas, no los palacios o grandes mansiones, del Madrid antiguo tenían normalmente un solo piso. Desde la calle podía verse una gran parte del cielo.



En el cuadro adjunto se recoge el acimut del Sol, en distintas épocas del año, (declinación solar δ) para una altura del Sol de 3° sobre el horizonte. Se elige esta altura porque la posición del Sol en el cielo puede verse por encima de obstáculos de poca elevación

Altura del Sol sobre el horizonte = 3°		
δ	Ángulo horario	Acimut
23,44	111,69	$-31,5^\circ$
20,35	108,43	$-27,2^\circ$
11,00	99,54	$-14,5^\circ$
0,00	90,00	$0,0^\circ$
-11,00	80,46	$14,5^\circ$
-20,35	71,57	$27,2^\circ$
-23,44	68,31	$31,5^\circ$

Cuadro 1; Azimut del Sol

La calle no es de gran longitud, por lo que cualquier día del año una persona podía ver el Sol, un instante después del orto o antes del ocaso, recorriendo la calle por su eje. (con el cielo sin nubes, evidentemente) Tal vez no sea esta propiedad de la calle el origen de su nombre. Pero por lo menos tiene un poco más de intención¹ y frescura² que la aportada en el libro de Pedro de Répide.

1. -Acep. 4: Cautelosa advertencia con que uno habla o procede
2. -Acep. 3: fig. Desembarazo, desentendiado, .

MMV.

8. LA CALLE DE MIRA EL RÍO.

No lejos de la Calle de Mira el Sol, está la Calle de Mira el Río, cuyo nombre también es explicado por Pedro de Répide como antecedente al anterior. Parece ser que:

.....con motivo de las grandes lluvias que duraron desde el 29 de octubre de 1439 hasta el 20 de enero del siguiente año hubo tales inundaciones y crecida del Manzanares que los habitantes de aquel paraje lo contemplaban con verdadero espanto desde el Peñón, que dió nombre a la inmediata, calle (hoy día no existe) y exclamaban ¡Mira el río... ¡Mira el río !!

"El Cabildo sacó en procesión a la Virgen de Atocha, y su intersección tuvo tanto éxito que inmediatamente rompieron las nubes y apareció el Sol. Los vecinos agradecidos exclamaron entonces ¡ Mira, el Sol!"

Esta explicación completa la leyenda de la calle de Mira el Sol, ahora aclarada por una interpretación gnomónica.

La etimología más verosímil es que desde las primeras casas que se construyeron, se dominaba la vega del Manzanares, aunque existía otra calle que se denominó Mira el Río Baja, cuya dirección es casi perpendicular a la anterior, Mira el Río Alta

Es muy posible que fuera la primera vez que se hicieron rogativas, no para que lloviese, como es usual, sino para que dejase de llover. La virgen de Atocha todo lo apaña.

MLS.

TALLER

CONSTRUCCIÓN DE UN RELOJ HORIZONTAL O VERTICAL DE UNA MANERA RÁPIDA Y PRECISA

LUIS HIDALGO

Se basa en la aplicación directa de las escalas de Middleton, elaboradas con un ordenador en un programa informático por G.N Thorne, publicadas en la British Sundial Society y que generosamente ofrece al lector para su utilización ya que mediante ellas se realiza el trazado de las líneas horarias.

Las escalas son dos: Una para las latitudes y otra para las horas. Se conciben básicamente para situarlas en unos puntos determinados y una vez colocadas correctamente, hacer el trazado de las líneas horarias. Sin embargo en este ejercicio de hoy serán las propias escalas las que constituirán el cuadrante, con lo que ganaremos en precisión y exactitud (la escala horaria va dividida cada 5 minutos) a la vez que eludimos el trabajo del trazado. Esta ventaja conlleva el que, al no ser necesario utilizar de trazado de la líneas horarias, la lectura de la sombra del estilo no se hace por superposición sobre las líneas horarias, que aquí no existen, sino por intersección, por lo que tenemos que asegurarnos que en las condiciones mas adversas la sombra proyectada por el estilo toque siempre a las escalas horarias. Por esta razón se debe calcular la longitud mínima que debe tener éste.

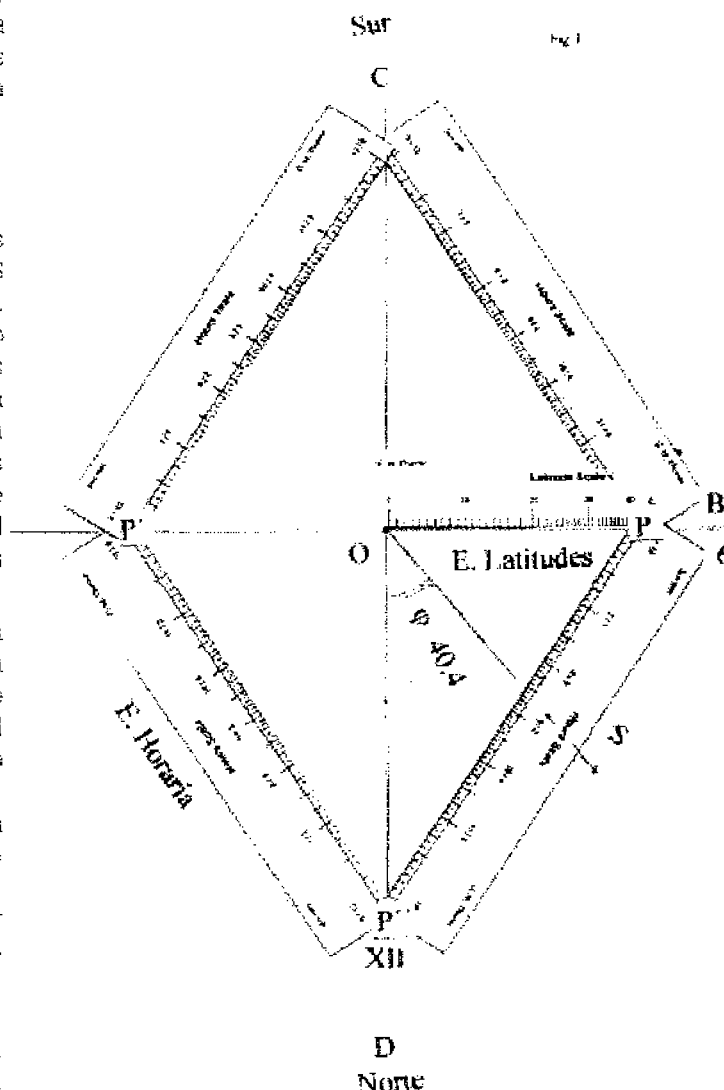
CUADRANTE HORIZONTAL.

Material: Una escala de latitud y cuatro escalas horarias realizadas por Thorne y publicadas por la B.S. S (fotocopias) de las que en principio utilizaremos dos, tomadas del boletín a escala 1:1 con el mismo tamaño que el que aparecen en el artículo, con unas medidas de 120 mm para la de la latitud y 170 mm para la de la horas; una plancha de corcho; unas chinchetas, una varilla de la que se emplean en los pinchos morunos (estilo); un soporte para apoyar dicho estilo (tapón de corcho de una botella) y un pegamento para fijar el estilo al polo y al corcho, de tal manera que forme un ángulo igual a la latitud (ϕ)

Modus operandi. Hemos elegido como soporte una plancha de corcho en la que se han trazado una línea horizontal AB que hará las veces de las líneas horarias de las 6h -18h y otra, perpendicular a la anterior CD por el punto O (polo del cuadrante de donde arrancará el estilo polar) y que representará la meridiana y línea de las XII, razón por lo cual, posteriormente sobre ella se apoyará la división 12 de las escalas horarias. Una vez realizado esta operación, desde O se lleva la escala de las latitudes hacia ambos lados OA y OB haciendo coincidir el centro O con el 0° de la escala de latitudes señalando en la latitud correspondiente a la del lugar de implantación del cuadrante; si fuera por ejemplo para Madrid, cuya latitud es $\phi = 40.4^\circ$ N, marcaríamos en la división 40,4 de dicha escala. De esta manera obtendríamos sobre AB dos puntos el P y el simétrico P'.

Sobre cada uno de los puntos así obtenidos, se aplicarán los trazos de las horas 6/12 de las escalas horarias fijándose con chinchetas y los otros extremos de la escalas (trazos 12/6). se llevarán hasta que estén sobre la línea de las XII en P', OP' hacia D (Norte) y se fijarán juntos con otra chincheta. Como es evidente hemos necesitado dos escalas horarias iguales una para las horas de la mañana y otra para las vespertinas..

Básicamente el cuadrante está terminado, aunque algunos desearán que el cuadrante sea capaz de marcar más horas en las estaciones de primavera y del verano sobre todo en lugares con una latitud alta, donde las horas de insolación sobrepasan las doce horas que marca el reloj. Para lograr esto tendremos que utilizar otras dos escalas horarias adicionales (4 en total) y aplicar en los mismos puntos P y P' los extremos 12 /6 pero llevando el otro extremo sobre la línea OD hacia C (Sur), originándose un rombo.



Solo resta añadir el estilo polar, que arrancará desde el polo del reloj, punto O y debe hacer un ángulo con el plano horizontal de $40,4^\circ$ como en todos los relojes horizontales.

Es esencial calcular la longitud mínima del estilo ya que la sombra del mismo tiene que tocar la escala horaria. Si llamamos K a la distancia OP'', la longitud del estilo (S), para que el día 21 de Junio toque a las XII horas, se rige por la fórmula

$$S = K (\cos \varphi + \sin \varphi \operatorname{tg} \varepsilon)$$

siendo φ la latitud, ε la declinación máxima del sol

$$\varepsilon = 23,44^\circ \text{ y } K = OP'' = L / (\sqrt{1 + \sin^2 \varphi})$$

L = longitud de la escala horaria.

El cálculo de K debe coincidir con la medida realizada con una regla una vez construido el cuadrante (véase la justificación al final. En el ejemplo la longitud mínima debe ser que:

$$K = OP'' = 170 \sqrt{1 + \sin^2 40,4} = 142,65 \text{ mm.}$$

y la longitud

$$S = 142,65 (\cos 40,4 + \sin 40,4 \operatorname{tg} 23,44^\circ) = 148,71 \text{ mm.}$$

La colocación del estilo es muy fácil conociendo la altura del tapón que ha de hacer de soporte al estilo. Solo debemos de averiguar cual es la distancia (x) que existe desde el polo del cuadrante O, hasta la base del tapón. Esta (x) se conocerá dividiendo la altura del tapón (h) por la tangente de la latitud ($\operatorname{tg} \varphi$) del lugar donde se implantará el cuadrante. En el caso que nos ocupa, la altura del tapón es 43 mm y la distancia sobre la recta D C hasta el punto O, (x) es = $43 / \operatorname{tg} 40,4 = 43 / 0,851 = 50,5 \text{ mm.}$

Se hace la salvedad de que la aplicación de este sistema de construcción tiene sus limitaciones cuando la latitud del lugar de utilización es pequeña, exactamente las mismas que las propias escalas para el trazado. Estas limitaciones son menores según aumenta la latitud como fácilmente se comprende.

CUADRANTE VERTICAL ORTOMERIDIANO ¹

Como es bien sabido equivale a un reloj horizontal, pero con una latitud $\varphi' = \text{Colatitud} = 49,6^\circ$. (Referido también para Madrid)

Los puntos P y P' señalan ahora sobre la escala de la latitud el punto 49,6. El resto del procedimiento es el mismo con la excepción que solo utilizaremos dos escalas horarias, ya que en ningún caso este cuadrante cubrirá más de 12 horas. El estilo ha de hacer sobre el plano un ángulo de $49,6^\circ$ y su longitud mínima S está regida por la fórmula: $S = K' (\sin \varphi + \cos \varphi \operatorname{tg} \varepsilon)$ teniendo el valor de $K' = OP'' = L / \sqrt{1 + \cos^2 \varphi}$ (también se puede medir con una regla la distancia K').

Como las horas límite está en 12 horas, es preferible cuando la pared sea declinante girar el cuadrante una vez terminado en el sentido axial CD, corrigiendo de esta manera los grados de declinación gnomónica del muro de modo que lo transformemos en ortomeridiano, proceso conocido desde muy antiguo como esviaje y que en la actualidad dada la precisión de las señales horarias emitidas por las emisoras y la de los relojes de cuarzo, en todo momento del día sabemos la hora oficial.

Conocida ésta podemos conocer la hora solar haciendo las oportunas correcciones de longitud, ecuación del tiempo y adelanto horario. Cuando a una hora oficial le correspondan las doce solares giraremos el cuadrante de tal modo que la sombra arrojada por el estilo caiga sobre las 12 de la escala, instante en el que el reloj estará como ortomeridiano.

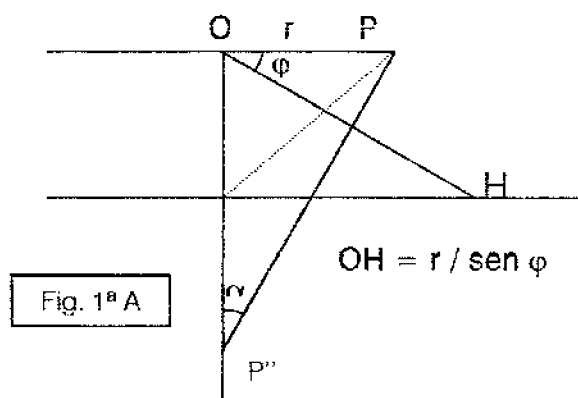
Como se observa es el método más fácil de construir un cuadrante porque nos evitamos la tarea del trazado y es bastante preciso ya que los ángulos horarios tienen un paso de $1,25^\circ$ equivalentes a 5 minutos de tiempo, circunstancia que dada la pequeñez de dichos ángulos en la práctica sería difícil trazar y si así fuera daría como resultado un cuadrante tan compacto en líneas horarias que aparte de ser poco estético, no se podría leer la hora cómodamente debido a la profusión de las líneas.

Otra de las ventajas que representa las escalas horarias es que sirven de comprobación para un cuadrante previamente trazado y sobre todo, junto con la escala de las latitudes, es posible averiguar la latitud de construcción de un cuadrante horizontal o vertical ortomeridiano. Para ello se desliza la escala horaria (trazo de las 12) por la línea de las 12 del cuadrante en cuestión y el trazo 6 por OA u OB hasta que coincidan las líneas horarias del cuadrante de latitud desconocida con los trazos de las mismas horas en la escala horaria. Ahora el trazo 6 de la escala señalará en la línea OB un punto que será el punto P. Si extendemos la escala de las latitudes desde O hasta ese punto en la escala, podemos leer la latitud de construcción. Como es obvio el proceso empleado es el inverso de la construcción del cuadrante. (En el vertical será la colatitud)

Justificación. Algunos autores como Fantoni comenta en su libro de los relojes de sol, que la justificación es bastante complicada y que se desarrolla en tres fases limitándose a dar las fórmulas finales para la confección de la escala de latitudes y otra para la escala horaria. Cousin, citado en la bibliografía de Fantoni, parte del hecho de que $\operatorname{tg} k = \sin \varphi$, y no realiza los pasos intermedios de las fórmulas finales. Sawyer se apoya en las fórmulas finales, en función seno coseno en vez de tangente, para demostrar por semejanza de triángulos que $\operatorname{tg} \beta$ (ángulo que forma una línea horaria con respecto a las línea de las XII) es igual a $\sin \varphi \operatorname{tg} t$, fórmula conocida del cuadrante horizontal, demostrando así la validez de dichas escalas. M. Lombardero desarrolla una escala y su aplicación basándose en un método elegante y simple (por afinidad), circunstancia en la que no se centra en el estudio de las escalas de Middleton

¹ No se incluye el reloj vertical declinante por que la aplicación de estas escalas no tienen ningún sentido práctico, aunque es totalmente posible el trazado, ya que todo cuadrante vertical declinante tiene su equivalente horizontal. Pero el hecho de que la hora de la subestilar no sea entera supondría un desfase del tiempo (t) que originaría la invalidez de la escala que, como tal se utilizó en este trabajo.

En la fig. 1 A (para justificar que $\text{tg } \alpha = \text{sen } \varphi$)



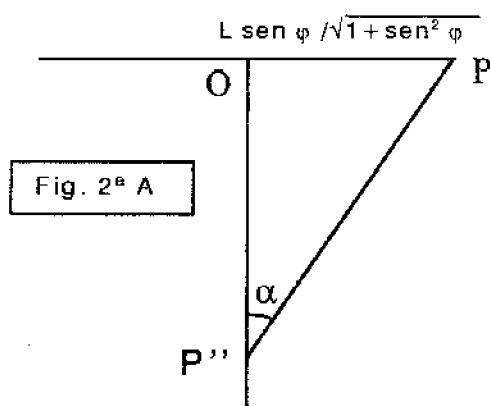
Datos de partida: $OP = r$ $\angle HOP = \varphi$

$$OP' = OH = r / \text{sen } \varphi;$$

$$OP' \text{ tg } \alpha = OP = \text{tg } \alpha (r / \text{sen } \varphi) \quad y$$

$$\text{tg } \alpha = r / r / \text{sen } \varphi \quad \text{de donde } \text{tg } \alpha = \text{sen } \varphi$$

Justificación de la escala de las latitudes Fig 2A



Las fórmulas del sen y cos en función de la tg de un ángulo vienen desarrolladas como sigue:

Tenemos que: $\text{tg } \alpha = \text{sen } \alpha / \cos \alpha$

$$\text{tg}^2 \alpha = \text{sen}^2 \alpha / \cos^2 \alpha$$

$$1 + \text{tg}^2 \alpha = 1 + \text{sen}^2 \alpha / \cos^2 \alpha$$

$$1 + \text{tg}^2 \alpha = \cos^2 \alpha + \text{sen}^2 \alpha / \cos^2 \alpha = 1 / \cos^2 \alpha$$

$$\cos^2 \alpha = 1 / (1 + \text{tg}^2 \alpha)$$

$$\cos \alpha = 1 / \sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha}$$

también:

$$\text{tg } \alpha = \text{sen } \alpha / \cos \alpha$$

$$\text{tg } \alpha \cos \alpha = \text{sen } \alpha$$

$$\text{sen } \alpha = \text{tg } (1 / \sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha})$$

pero como:

$$\text{tg } \alpha = \text{sen } \varphi$$

$$OP = OP' = L \text{ sen } \alpha = L \text{ sen } \varphi (\sqrt{1 + \text{sen}^2 \varphi})$$

(fórmula que permite construir la escala de las latitudes) cuya longitud efectiva total es cuando

$$\varphi = 90^\circ \quad OP = L / \sqrt{2}$$

(siendo L la longitud de la escala de las horas y el parámetro constructivo fundamental)

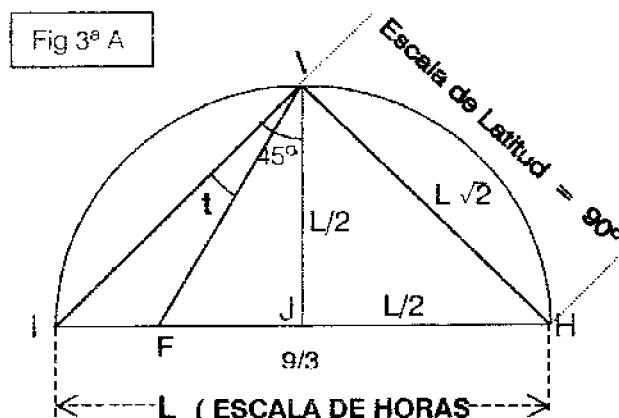
Escala horaria . Fig. 3A

Con la longitud de la escala horaria L construiremos una circunferencia que tenga como radio $r = L / 2$ formando un triángulo rectángulo isósceles cuya hipotenusa representa la longitud de la escala horaria L (I J) y el cateto V J la longitud de la escala de la latitud de $90^\circ = L / 2$ y cada división horaria, de horas enteras, esta separada por ángulos iguales a 15° . (en los Polos las divisiones horarias en un reloj horizontal tienen esta separación).

En la fig. 3A tenemos que:

$$IF = IH (3/9) - FH (3/9) = L/2 - L/2 \text{ tg } (45 - t)$$

siendo t el ángulo horario.



$$\begin{aligned} IF &= L/2 (1 - \text{tg } (45 - t)) = \\ &= L/2 (1 - \text{tg } 45 - \text{tg } t / 1 + \text{tg } 45 \text{ tg } t) = \\ &= L/2 (1 - 1 - \text{tg } t / 1 + \text{tg } t) = \\ &= L/2 (1 + \text{tg } t - 1 + \text{tg } t / 1 + \text{tg } t) = \\ &= L/2 (2 \text{tg } t / 1 + \text{tg } t) \text{ e } IF = L \text{ tg } t / 1 + \text{tg } t \end{aligned}$$

Con esta fórmula se construye la totalidad de la escala horaria dando los valores de t:

$$t = 1.25^\circ \quad 2.50^\circ \quad 3.75^\circ$$

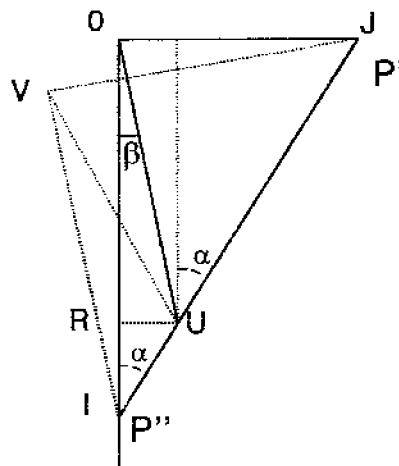


Fig. 3 B

con un paso de 1.25° (que equivalen en tiempo a cinco minutos) hasta 90° (6h a.m. - 6 p.m.).

Cuando apliquemos la escala horaria, ya, construida en los puntos P Y P' de una determinada latitud, el

punto P'' debe coincidir con I, el J con P mientras que el punto V se tiene que haber desplazado tal como aparece en la figura.

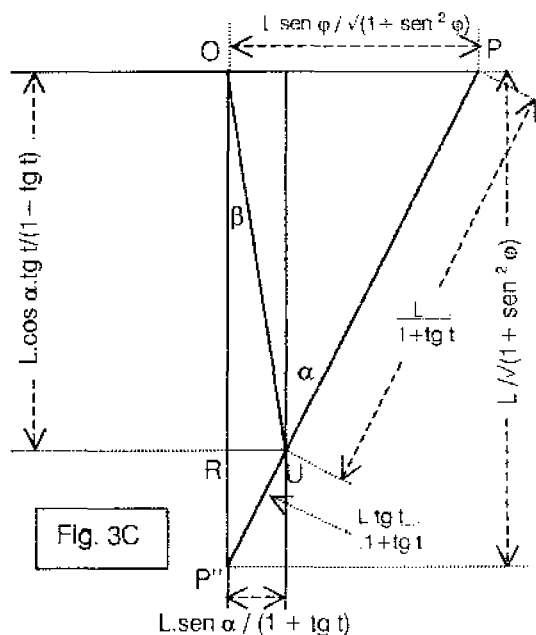


Fig. 3C

Ahora el punto F ha de confundirse con el punto U.

Según la figura 3ªC el ábaco funciona perfectamente para construir un reloj horizontal porque:

$$\operatorname{tg} \beta = RU / RO$$

$$RU = P''U \operatorname{sen} \alpha$$

$$UP = L - L \operatorname{tg} t / (1 + \operatorname{tg} t) = L / (1 + \operatorname{tg} t)$$

$$\therefore RU = L \operatorname{sen} \alpha \operatorname{tg} t / (1 + \operatorname{tg} t) \text{ y } RO = L \cos \alpha / (1 + \operatorname{tg} t)$$

$$\operatorname{tg} \beta = (L \operatorname{sen} \alpha \operatorname{tg} t / (1 + \operatorname{tg} t)) / (L \cos \alpha / (1 + \operatorname{tg} t)) = \operatorname{tg} t \operatorname{tg} \alpha$$

pero:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{sen} \varphi$$

luego:

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} t \cdot \operatorname{sen} \varphi$$

fórmula conocida del reloj horizontal.

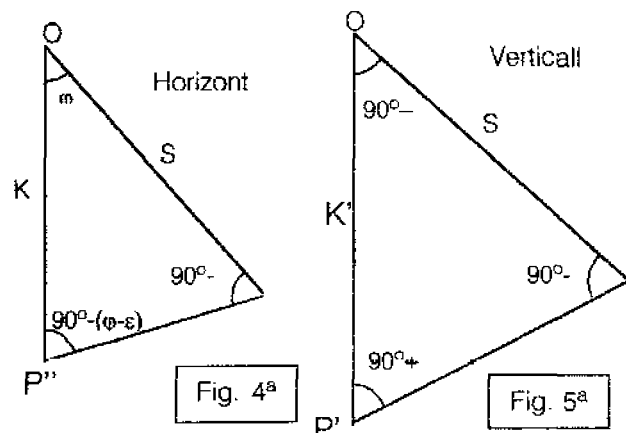


Fig. 4ª

Fig. 5ª

La figura 4A y 5A se han dibujado para calcular la longitud mínima del estilo, que en este cuadrante, su cálculo es básico. Aplicando el teorema del seno en un triángulo plano en el que se conoce un lado OP'' (K) y dos ángulos φ y $90^\circ - \epsilon$, se puede escribir que:

$$S / \operatorname{sen} 90^\circ - (\varphi - \epsilon) = K / \cos \epsilon$$

$$S = K \cos (\varphi - \epsilon) / \cos \epsilon \quad \text{ó}$$

$$S = K (\cos \varphi + \operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg} \epsilon)$$

para el cuadrante horizontal, para que el día 21 de Junio la sombra arrojada por el estilo toque la hora de las XII

De manera análoga se puede escribir de la fig. 5A que:

$$S / \operatorname{sen} (\varphi + \epsilon) = K' / \operatorname{sen} (90^\circ - \epsilon)$$

$$S = K' \operatorname{sen} (\epsilon + \epsilon) / \cos \epsilon \quad \text{ó}$$

$$S = K' (\operatorname{sen} \varphi + \cos \varphi \operatorname{tg} \epsilon)$$

también obtenida sustituyendo en la anterior el valor de φ por $\varphi' = (9 - \varphi)$, consiguiendo así el valor de la longitud mínima del estilo para que el día 22 de Diciembre toque a las 12 horas de la escala.

Para finalizar solo queda orientar el cuadrante horizontal para su posterior funcionamiento. En líneas arriba ya se ha hablado de cómo orientar un reloj vertical para hacerle ortomericano en una pared declinante. En el horizontal, una vez apoyado en una superficie nivelada, se ha de conocer la hora solar de las 12 horas extraída de la oficial con las oportunas correcciones y conocida aquella, se gira el cuadrante en su totalidad para que en el instante en que la hora oficial corresponda a la solar de las 12 horas, la sombra del estilo marque las 12 horas de la escala horaria

Desde estas líneas queremos expresar el más sincero reconocimiento de gratitud y nuestro agradecimiento por el detalle de gentileza y generosidad de Thorne, que ofreciendo sus escalas y sus consejos para aumentar la duración de estas, de un modo desinteresado, nos ha permitido confeccionar este modesto cuadrante elaborado con materiales de reciclaje y mi deseo es que haya algún lector, hábil en bricolaje, que sea capaz de construir el propio con materiales mas nobles.

BIBLIOGRAFÍA

Fantoni, Girolamo	Orologi solari	1988 Roma
Cousins, F.W.	Sundials	1972 London
Sawyer, J.F.	B S S	1997 Enero
Thorne, G.N.	Dialing Scales B.S.S	1997 Julio
Linfarne Sundials	B S S.	1996 Octubre
Lombardero, M	Analema n 1 pag 11	1991 Enero

EL MAYOR RELOJ DE SOL HORIZONTAL DE ESPAÑA

JACINTO DEL BUEY & JAVIER MARTÍN-ARTAJO G.

En una plataforma elevada situada en el interior del "Parque Asturias" de Rivas Vaciamadrid, cuyas coordenadas geográficas son: $\varphi = 40^{\circ} 21' 44''$ N. y $\lambda = 3^{\circ} 32' 59,3''$ W, ha sido construido uno de los mayores relojes de sol horizontales de Europa.

El diseño y trazado de este enorme reloj de sol y la dirección de su colocación corresponde a **Alberto de Juan y Seva**, quién se ha esmerado en que se cumplan las "reglas del arte" para que un reloj de estas dimensiones marque la hora correctamente. El diámetro del reloj de sol es de 50 metros y, en su interior, están trazadas las *líneas horarias* enteras y las medias horas con trazos de menor longitud.

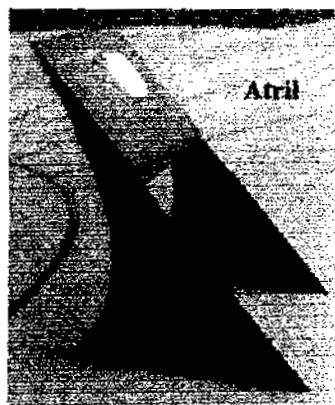
Una doble numeración de las horas —expresadas en caracteres romanos— corresponden al horario de invierno y al de verano. También están trazadas las *líneas del Zodíaco* en cuyos extremos aparecen los signos y nombres correspondientes.

Todas las líneas están pintadas en colores llamativos y diferentes para hacer fácil la lectura de las horas siguiendo la explicación que se encuentra en un atril, cuyos laterales guardan la misma forma que el gnomon.

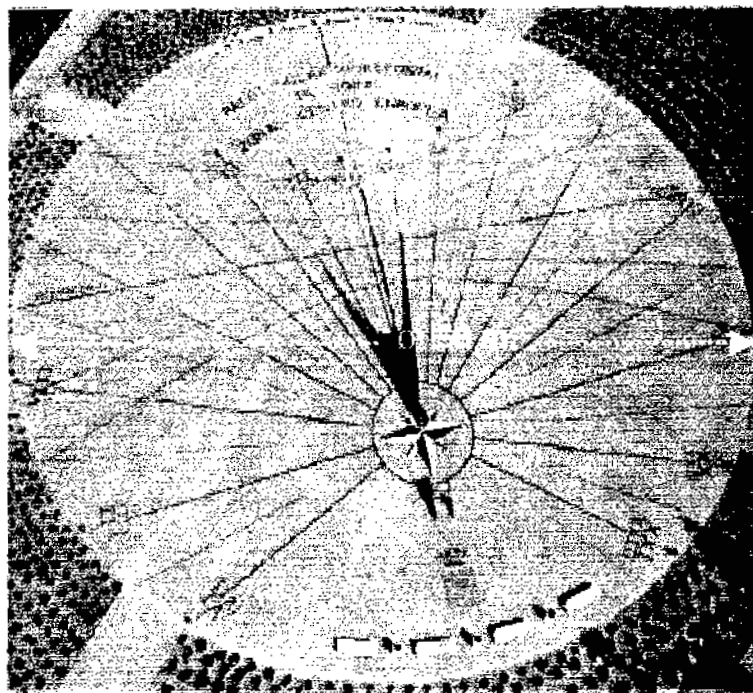
El gnomon es una doble chapa de acero "Corten" de 10 mm de espesor de forma triangular, con un lado curvo, cuyo lado mayor mide 10 m. y su altura sobre el terreno 6,476 m. Las chapas del gnomon, al estar distanciadas 18 cm, dividen el reloj de sol en dos mitades con una separación de 20 cm ancho. En el polo está dibujada en blanco y negro una rosa de los vientos.

El reloj de sol, corregido en longitud, señala la hora del meridiano "cero".

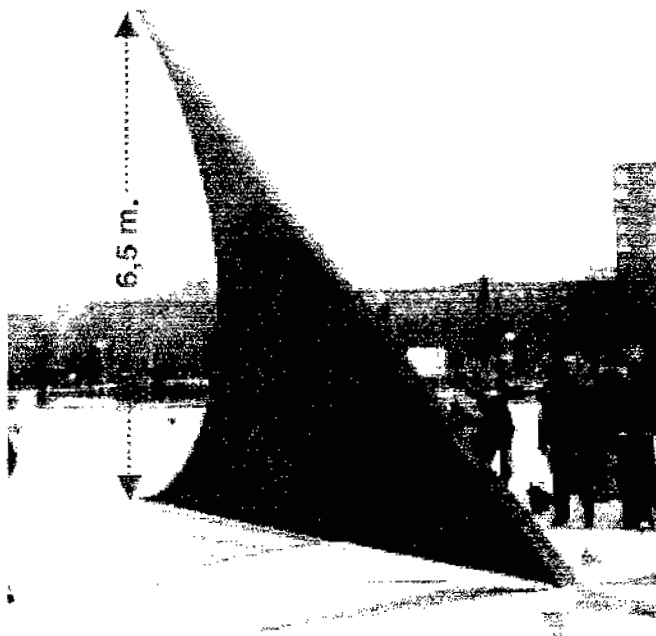
Para obtener la hora oficial bastará observar la sombra —con la arista izquierda por la mañana y con la derecha por la tarde— leyendo el número horario en la escala de verano o invierno, según corresponda, y añadir o restar los minutos indicados por la Ecuación de Tiempo que se encuentra en el atril.



Atril



Vista aérea desde un globo aerostático



Gnomon

La inauguración de este reloj tuvo lugar dos días después del Equinoccio de Primavera del presente año 2003.

